GRAĐEVINAR

ČASOPIS DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA
I TEHNIČARA N.R. HRVATSKE

SADRŽAJ

GOD. V KOLOVOZ 1953 BROJ 3

»GRAĐEVINAR« IZLAZI U VEĆEM FORMATU 6 PUTA GODIŠNJE

PRETPLATA na cijelu godinu iznosi Din 600.—, na pola godine Din 300.—, pojedini broj Din 100.—. Članovi Društva građevinskih inženjera i tehničara NRH, studenti i đaci srednjih stručnih škola imaju popust od 50%. Tekući račun kod Narodne banke FNRJ, filijala Zagreb br. 402-T-812. — Časopis izdaje: Društvo građevinskih inženjera i tehničara NRH. — Rukopisi se šalju uredništvu »Građevinara«, Zagreb, Berislavićeva ul. 6, telefon 33-325. — Uređuje redakcioni odbor.

DOPISE I ČLANKE treba uredništvu dostaviti u dva primjerka pisana strojem, **u originalu** i jednoj kopiji, pisano **s razmakom između redaka.** Pisati treba samo na jednoj stranici lista. Crteže i opise na njima treba izraditi crnim tušem na prozirnom ili glatkom bijelom papiru, tako da umanjeni na stranicu časopisa budu jasni i čitljivi. Pretanke crte, sitna slova i brojke ne smiju se upotrebljavati. Fotografije moraju biti jasne. Objavljeni radovi se honoriraju, rukopisi ne vraćaju.

GRAĐEVINAR

GOD. V KOLOVOZ 1953 BROJ 3

MINERALOŠKO-PETROGRAFSKA ISTRAŽIVANJA DVIJU VRSTA PIJESKA PREDVIĐENIH ZA PROIZVODNJU »NORMNOG PIJESKA« ZA ISTRAŽIVANJE CEMENTA

Prof. dr. Luka Marić i asistent ing. Vlado Majer

Sve više traži se u našim stručnim inženjerskim, građevinsko-tehničkim krugovima sve bolje poznavanje pijeska i šljunka naših recentnih i fosilnih riječnih tokova, da se od njihovog šljunka i pijeska priredi kvalitativno što bolji beton. To je opravdano, jer se u našoj zemlji danas izvode betonske građevine dalekosežne važnosti, pa je stroga naučna metoda istraživanja i opravdana i potrebna. O tome piše vrlo ubjedljivo ing. Petar Damjanović[1] ovako: »U tijesnoj vezi sa velikim betonskim radovima i u direktnoj srazmjeri sa njihovom ozbiljnošću jeste i ona važnost koja se u Francuskoj daje ulozi gradilišnih laboratorija za ispitivanje materijala. Ove laboratorije su veoma moderno opremljene i osposobljene ne samo da traže i daju ocjenu kvaliteta izvršenog građenja, već da pozitivno utiču i na poboljšanje ovog kvaliteta u samom njegovom toku. U tome cilju ovakve laboratorije vrše serije raznih ispitivanja prije i u toku građenja, čiji rezultati služe projektantima i graditeljima za donošenje najmjerodavnijih operativnih odluka. Međutim, one nisu samo pomoćno sredstvo neposredno zainteresovanih stručnjaka, već su neke od njih razvijajući sistematski rad u produbljavanju pojedinih problema, objavile i značajne rezultate naučnog značaja koji se mogu koristiti i van domena gradilišta na kome su one dejstvovale. I to je dokaz više da je neophodnost ovakvih ustanova na velikim gradnjama potpuno opravdana«.

U tome smislu, a na poticaj »Laboratorija građevinarstva« u Zagrebu, odnosno ing. V. Bedekovića, podvrgli smo neke vrste našeg pijeska mineraloško-petrografskim istraživanjima, koja su trebala da osvijetle jednu nadasve važnu pojavu, naime, prisustvo minerala u pijesku, koji štetno utječu na vezanje cementa, kao što su neke koloidske odlike silicijskog dioksida, zatim trošnost, čistoća, čišćenje pijeska od tuđih mineralnih primjesa, upliv bojenih mineralnih sastojaka u pijesku i t. d.

Očigledno je postalo, da u tome radu, osim savjesne kvantitativne kemijske analize, moramo poseći za mineraloško-petrografskim metodama istraživanja, pomoću polarizacijskog mikroskopa, dakle istraživanja sastojaka pijeska u polariziranoj svjetlosti, koja će sigurno dati podatke naučne vrijednosti, i egzaktne. Dakako, da će se kadikad zbog jednoznačnosti podataka morati takva istraživanja dopuniti i rentgenoskopskom strukturnom analizom.

Takav jedan rad, u kome smo istražili naša dva pijeska, iznosimo pred našu stručnu javnost.

Oba komparirana pijeska, N-DII-1 (Murski kremeni pijesak) i N-DII-2 (Majdan Kužići kod Tuzle) prali smo prvenstveno u destiliranoj vodi. U prokapu obavljeno je kvalitativno analitičko pretraživanje u vodi topljivih karbonata, klorida, sulfata i nitrata metala. Sve reakcije bile su negativne. Tako opran pijesak podvrgnut je kvantitativnoj kemijskoj analizi, s osobitim obzirom na vodu, H_2O — 110°C i H_2O + 110°C, Al_2O_3, Fe_2O_3 i alkalija. SiO_2 je određivan dva puta, pa je uzeta srednja vrijednost. Napokon izvršena su istraživanja pijeska pod binokularnim mikroskopom, s obzirom na oblik zrna i prirodu njegove površine (strukturu površine zrna), i tuđe mineralne supstancije na pojedinom zrnu, i najzad istraživanja pijeska u preparatima u polarizacijskom mikroskopu, pri čemu je određena mineralna priroda i pijeska i dijelom uklopaka (inkluzija), sekundarnih minerala kao tuđih primjesa ili sekundarnih produkata trošenja i metamorfoza pojedinog zrna.

A Kvantitativne kemijske analize pijeska i dobivanje čistih agregata pranjem u hladnoj i toploj klorovodičnoj kiselini raznih koncentracija

Rezultati kvantitativnih analiza[2]:

	N-DII-1	N-DII-2
SiO_2	98,15%	98,24%
TiO_2	tr.	tr.
Al_2O_3	0,74	0,88
Fe_2O_3	0,59	0,49
$H_2O^{+110°C}$	0,09	0,11
$H_2O^{-110°C}$	0,11	0,18
	99,68	99,90

[1] Damjanović, ing. Petar, Neke karakteristike savremenog građenja u Francuskoj. Tehnika, god. VII., 1952., broj 5, p. 565.

[2] Analize smo vršili po metodama koje su prilagođene potrebama analiziranja minerala i stijena, za mineraloško-petrografske svrhe. Te su metode opisane u priručniku: Prof. Dr. J. Jakob., Anleitung zur chemischen Gesteinsanalyse. Mineral- und petrochem. Laboratorium d. Eidgen. Techn. Hochschule Zürich, (1928).

Određivanje Cao, MgO i alkalija kvantitativno bilo je negativno, jer je i mikroskopskim putem utvrđeno u oba slučaja, da je to kremeni pijesak, s vrlo malo tuđih mineralnih primjesa, među kojima smo našli samo jedan tanušni listić gipsa i jedan listić liskuna (muskovita).

Iz analiza razabiramo, da pijesak sadrži, prvi 0,59% a drugi 0,49% Fe_2O_3, zatim 0,74% i 0,88% Al_2O_3. Uvaži mo li, da pijesak sadrži 0,11% i 0,18% $H_2O + 110^0C$, moramo zaključiti, da će ta voda biti vezana uglavnom u željeznom oksidu, limonitu, i jednom hidrosilikatu aluminijskom (iz skupine glina), ili u sericitu, kao dijelom i u jednoj odlici silicijskog dioksida, opalu, kalcedonu. Dok je limonit, kako su pokazala mikroskopska istraživanja, osim kao mehanička nečistoća na površini koga zrna pijeska i kao uklopak (inkluzija) u mnogim zrnima kremena, dotle je glinovita supstancija sa sericitom gotovo sasvim kao nečistoća u šupljinama kremenog zrnja, a opal odnosno kalcedon samo u kojem mikrokristalastom zrnu pješčenjaka ili kvarcita kao mineralno vezivo (cement).

Da upoznamo ponašanje svih mineralnih komponenata prema hladnoj i toploj klorovodičnoj kiselini, koju smo odabrali za čišćenje tih vrsti pijeska, izvršili smo niz pokusa sa 1%, 5%, 10%, 25% i 50% HCl, u kojoj je pijesak ostavljen za vrijeme od jednog sata. Za istraživanja uzeli smo odvage po 20 gr od svakog uzorka pijeska za pojedinu koncentraciju klorovodične kiseline.

Pijesak N-DII-1 u hladnoj 1% klorovodičnoj kiselini dao je poslije jedan sat vremena jedva zamjetljiv žućkast ton boje. koji se sve više pojačavao do 50% otopine jasno žućkaste boje. Kremeni pijesak, koji je u primarnom stanju sav prosječno žućkast, izgubio je nešto od svoje prosječne žućkaste boje u 1% otopini klorovodične kiseline; u 5% otopini postao je pijesak svjetlo žućkast; u 10% otopini je već jako svjetlo žućkast; u 25% otopini sivkasto bijel, a u 50% otopini jednolično siv sa kojim zrnom crne, tamno-crvene i tamno-zelene boje. Pokazalo se, dakle, da je veliki dio zrna toga pijeska nosio na svojoj površini jednu mineralnu komponentu, koju je bilo moguće odstraniti ostavljanjem pijeska u 50% otopini klorovodične kiseline za vrijeme od jednog sata. Takav postupak izvršio se u još potpunijoj mjeri, kad smo jednake odvage pijeska zagrijali u ekvivalentnim postotnim otopinama klorovodične kiseline na temperaturu 80—90°C. Gotovo jednolično žućkast pijesak s oznakom N-DII-1 postao je poslije čišćenja u hladnoj, brže u toploj, 25—50% klorovodičnoj kiselini jednolično siv s rijetkim bojenim zrnima.

Pijesak N-DII-2 podvrgnut takvom istom postupku nije se mnogo promijenio vanjštinom. I hladna i topla više postotna otopina klorovodične kiseline postala je također slabije ili jače žućkasta, dakle otopila je onu istu mineralnu komponentu, kao i u prvom uzorku. Odvaga u 50% otopini postala je siva, ali sa mnogo više zrnaca crne, tamnocrvene i tamnozelene boje nego u prvom uzorku. Očigledno je, dakle, da je takvih bojenih zrna u pijesku N-DII-2 mnogo više negoli u pijesku N-DII-1. Uporeďivanje tako opranog pijeska pod binokularnim mikroskopom potvrdilo je ovu činjenicu. Oba kremena pijeska razlikuju se međusobno količinom bojenih zrnaca.

Da utvrdimo mineralnu prirodu zrna, kao i njihovih primjesa, uzeli smo od svakog pijeska odvagu okruglo 1,05 gr (srednji uzorak od cjelokupnog pijeska) i pod binokularnim mikroskopom izdvojili ove frakcije:

(1) Zrna potpuno prozirna, bezbojna ili slabo žućkaste (vinske) boje, koja su i na površini i u nutrini, svježe prelomljena, potpuno čista.

(2) Zrna mliječne boje, poluprovidna i zrna u cijeloj svojoj masi slabo žućkasto bojena.

(3) Zrna crne, tamnocrvene i tamnozelene boje u cijeloj masi.

(4) Zrna dijelom ili potpuno pokrivena sa površine tuđom mineralnom supstancijom.

Odvajanje pod binokularnim mikroskopom dalo je[3]:

	Pijesak N-DII-1	Pijesak N-DII-2
Frakcija 1.	20,4%	27,7%
Frakcija 2.	55,8	59,6
Frakcija 3.	1,5	11,2
Frascija 4.	21,6	1,6
	99,3%	100,1%

Kako ćemo vidjeti i kasnije, pri mineraloško-petrografskim proučavanjima izbrusaka obiju vrsti pijeska u polarizacionom mikroskopu, frakcija(1) pretstavlja zrna kremena prozirca, čista ili slabašno nježno žućkasto bojena, često heksagonskog bipiramidalnog habita; frakcija(2) je od mutno bijela agregata; frakcija (3) razno bojeni agregati određenih odlika silicijskog dioksida; frakcija (4) sve vrste silicijskog dioksida, individualno ili agregirane, koje imaju i sa vanjske strane poput prevlake, i u nutrini zrna poput uklopaka (inkluzija), primjese tuđe mineralne supstancije.

Pijesak N-DII-1 ima 21,6%, a pijesak N-DII-2 1,6% frakcije (4), koja je pretežno promjera zrna d = < 1,2 mm. Poslije otapanja u toploj 50% klorovodičnoj kiselini postale su te frakcije gotovo bezbojne, čiste. Otopina je procijeđena i u prokapu određeno željezo i mangan (u tragovima). Na filteru je zaostao srebrnasto bijel sericit (muskovit) i vjerojatno odbijeljen biotit (baueritiziran biotit). Prevlake zrnaca četvrte frakcije su dakle pretežno od limonitske supstancije, sericita (liskuna) i vjerojatno nešto jedne glinene komponente. Zrna pak poslije otapanja u 50% klorovodičnoj kiselini, promatrana pod binokularnim mikroskopom, imaju izvanredno hrapavu površinu, sa vrlo nepravilnim

[3] Odvajanje je vršeno zrno po zrno pincetom vrlo oštrih šiljaka, pazeći, da se sačuvaju naročito zrna četvrte frakcije dakle zrna sa tuđom mineralnom supstancijom na površini.

i nejednako dubokim udubinama, tako da pojedina zrna liče na šupljikav plovućac (Bimstein), na slabije ili jače korodiran kremen iz neke eruptivne efuzivne stijene (na pr. iz liparita, dacita, kremenog porfira i dr.). Najviše ima opet zrna kremena prozirca i mutnog mliječno bijelog agregiranog kremena, a tek koje zrno crno, tamnocrveno i tamno zeleno bojenog silicijskog dioksida.

Ta su istraživanja pokazala, da u pijesku N-DII1 ima mnogo više zrna sa prevlakom od limonita sa sericitom i nekom glinenom supstancijvm nego i pijesku N-DII-2, kao i da je moguće taj pijesak očistiti do te mjere, da izgubi potpuno primarnu gotovo jednoličnu žućkastu boju, i da postane jednolično siv kao pijesak N-DII-2.

Pored frakcije (4) spomenut ćemo i frakciju(3), koje ima u pijesku N-DII-1 oko 1,5%, a u pijesku N-DII-2 oko 11,2%. Obje frakcije ostale su gotovo sasvim nepromijenjene poslije otapanja u svim koncentracijama klorovodične kiseline. To su razno bojene odlike silicijskog dioksida, bojene tuđim mineralnim primjesama, dakle »alohromatske«, u kojima se tuđe primjese nalaze kao uklopci (inkluzije), što ih je silicijski dioksid uklopio pri svome razvitku. Takve uklopke, mikroskopskih i submikroskopskih veličina, možemo izdvojiti iz kremenih zrna samo isplinjavanjem SiO_2, u obliku silikofluorovodične kiseline, kod povišene temperature.

Uspoređivanjem dakle obiju vrsti pijeska na osnovi ponašanja prema klorovodičnoj kiselini raznih koncentracija, i promatrajući pod binokularnim mikroskopom, možemo zaključiti, da je veći postotak tuđih mineralnih supstancija u pijesku N-DII-1 vezan mehanički na površini zrna frakcije (4), odakle se može odstraniti otapanjem u klorovodičnoj kiselini, a u pijesku N-DII-2 da je pretežno u obliku uklopaka (inkluzija) u zrnu frakcije (3), odakle se manjim dijelom može odstraniti s pomoću spomenute kiseline, dok je veći dio u samim zrnima, kao njihova »alohromatska« primjesa-boja, i može se iz njih odstraniti samo razaranjem kremenog zrna pomoću fluorovodične kiseline.

Prema tome ima u pijesku N-DII-1 sa prevlakom na površini više zrna (21,6%), a sa uklopcima manje zrna (1,5%) bojenih tuđom mineralnom supstancijom. U pijesku N-DII-2 ima sa prevlakom na površini manje zrna (1,6%), a sa uklopcima više zrna (11,2%) bojenih tuđim mineralnim primjesama.

Tuđe mineralne primjese možemo, kako su pokazala istraživanja, gotovo potpuno skinuti sa zrna otapanjem u toploj klorovodičnoj kiselini (25-50%) i to samo one, koje se nalaze na površini zrna kremena. Tuđe mineralne primjese, koje se nalaze u zrnju kao uklopci (inkluzije) ostaju u njima i poslije otapanja u klorovodičnoj kiselini. Njih možemo izdvojiti samo razaranjem kremenog zrna pomoću fluorovodične kiseline. Takva zrna ostaju dakle stabilno bojena crno, tamnocrveno, tamnozeleno, i prema količini utječu svojom bojom na boju pijeska i poslije pranja u klorovodičnoj kiselini.

B. Granulometrijska analiza i mineraloško-petrografsko istraživanje odijeljenih frakcija

Prije granulometrijske analize određena je metodom piknometra specifična težina pijeska:

	N-DII-1	N-DII-2
Spec. tež. 20°C	2,610	2,605

Da utvrdimo, ima li, i koliko, specifično težih minerala u svakom pijesku od specifične težine njegova prosječnog uzorka, stavili smo svaki pijesak u Thoulet-ovu otopina specifične težine 2,700 (prema čistom kalcitu). U odvagama 50 gr svakog pijeska dobili smo:

	N-DII-1	N-DII-2
Broj zrna spec. tež. > 2,700	30	20
Magnet privlači	8	6

U pijesku ima dakle između ogromnog broja zrna (u odvagama 50 gr) u jednom 30 a u drugom 20 zrna, koja su od minerala veće specifične težine nego što je u minerala kalcita.

U mikroskopskim preparatima, u polarizacijskom mikroskopu, utvrđeno je, da su to zrna od **magnetita, turmalina** (optički negativan, jednoosan pleohroitski, jakog loma), **epidota** (jakog loma i visokog dvoloma) u pijesku N-DII-1, a **magnetita, titanita, distena, piroksena** (hiperstena, pleohroitski, paralelno potamnjuje, jakog loma i dosta visoka dvoloma), zatim nekoliko odlomaka neke stijene sa sitnozrnastom strukturom, u pijesku N-DII-2. To su mahom odlomci vrlo stabilnih minerala i stijena, i prema kemijskom djelovanju atmosferilija i prema mehaničkim učincima izvana.

Za granulometrijsku analizu uzeli smo odvagu 500 gr od svakog pijeska. Prosijavanjem smo dobili[4]:

Frakcija	N-DII-1	N-DII-2
Zrna > 1,2 m	0%	0%
Zrna 1,2 — 0,75 mm	33,4%	32,8%
Zrna < 0,75 mm	66,6%	67,2%

Mineraloško-petrografska istraživanja izvršili smo u mikroskopskim izbruscima od:

a) uzorka pijeska prije granulometrijske analize,

b) frakcije 1,2 —0,75 mm,

c) frakcije < 0,75 mm,

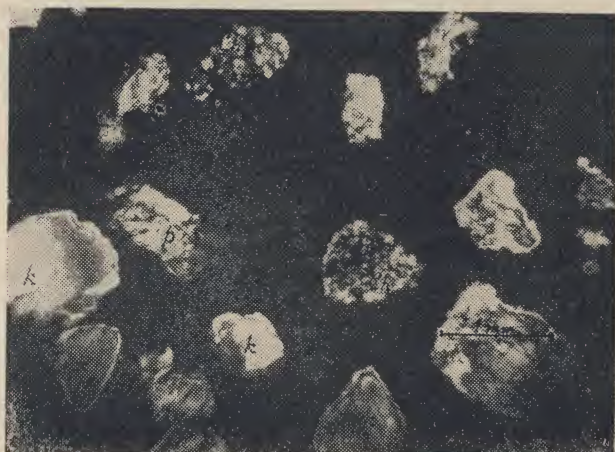
d) frakcije spec. tež. > 2,700,

e) frakcije spec. tež. < 2,700,

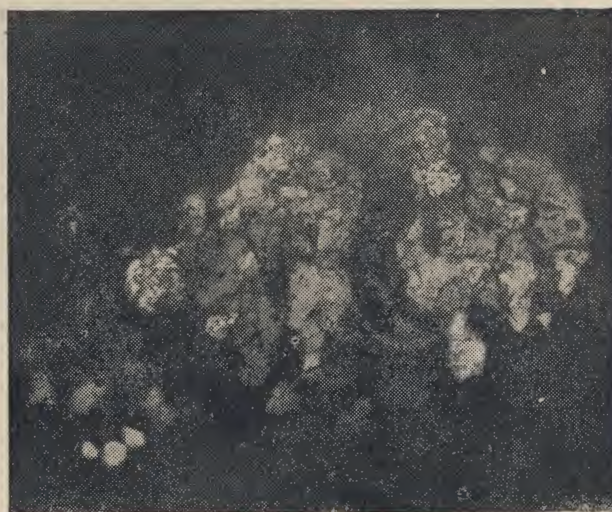
---

[4] Sito br. 5, strana otvora 1,2 mm, tj. 25 otvora na cm²,
„ br. 8 „ „ 0,75 mm, tj. 64 otvora na cm²
(DIN 1171).

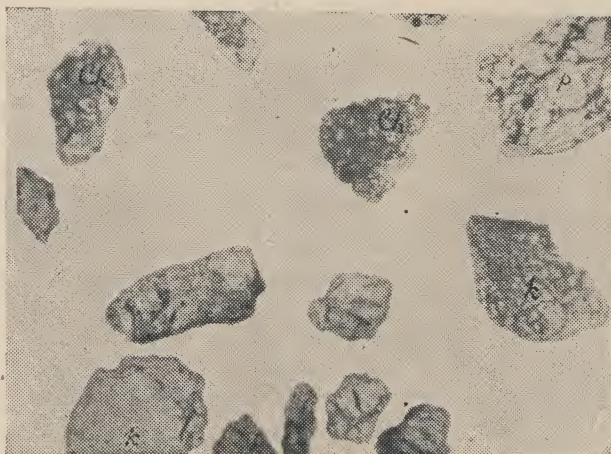
PIJESAK N-DII-1



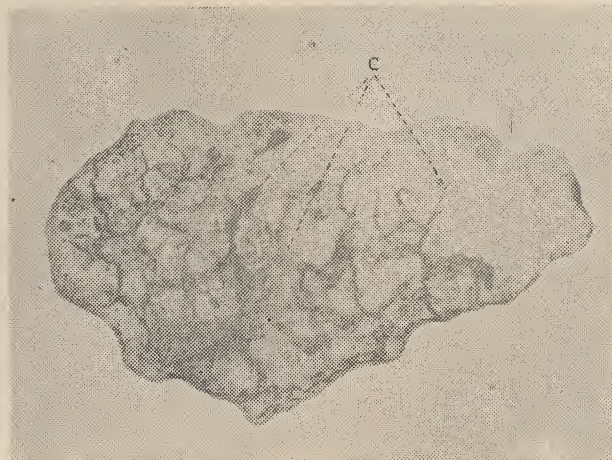
Sl. 1. — Mikrofotografija srednjeg uzorka iz cjelokupnog pijeska N-DII-1. Nikoli +
k = kremen prozirac; p = kremeni sitnozrni pješčenjak; Ch = chert, mikroagregat s kalcedonom



Sl. 3. — Zrno »Cherta«. Nikoli + Povećanje 95 ×



Sl. 2. — Ista mikrofotografija kao sl. 1. 1 Nikol. Tumač kao na mikrofotografiji sl. 1.



Sl. 4. — Ista mikrofotografija kao sl. 3. 1 Nikol. Povećanje 95 ×. C = kalcedon

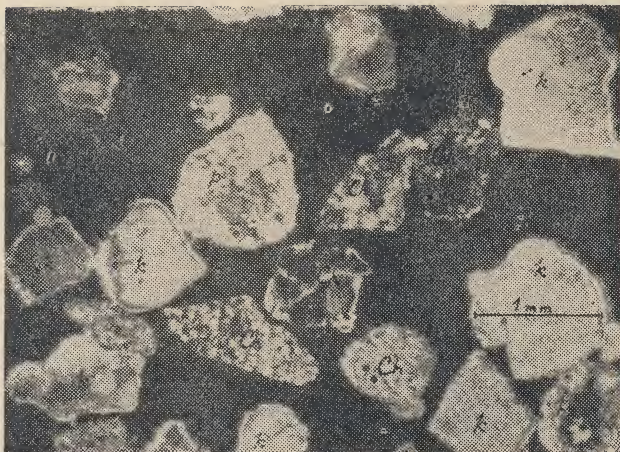
U svim izbruscima, osim onoga od frakcije sa specifičnim težinama > 2,700, utvrdili smo ove mineralne sastojke:

Odlomke **kremena prozirca,** dosta oštrih stranica, gotovo bez pukotina, ali mjestimično s mnogo uklopaka (inkluzija), okupljenih u hrpe ili paralelne redove (sl. 1 i 2 k, pijesak N-DII-1 i N-DII-2). Odlomci su homogeni, potamnjuju na cijeloj površini jednolično ili valovito, optički karakter im je pozitivan. To su dakle odlomci od homogenih kristala kremena prozirca.

Odlomke **pelitskih agregata kremenih zrnaca** (sl. 1 i 2, p), smeđe ali nejednoliko bojene, s mjestimičnim nakupinama crne i žućkaste boje (limonitska supstancija!). Odlomci su dakle od finozrna agregata kremena, djelomično bezbojna a djelomično alohromatski bojena fino dispergiranim limonitom. U tim odlomcima motrimo mikropukotinice (mikrofrakture), negdje uže a negdje šire, ispunjene crnom homogenom mineralnom tvari, kojih se kemijska priroda može utvrditi tek mikrokemijskim reakcijama. Moguće da je smjesa željeznog i manganskog hidroksida, ili samo manganskog hidroksida, koji se izlučuje u pukotinicama u dendritičnom obliku.

Napokon, odlomke, koji djeluju slabo na polarizirano svijetlo, ali na rubovima se ipak zapaža njihovo anizotropno optičko ponašanje. Odlomci su mahom alohromatski bojeni, strukturno vrlo sitnozrni, potsjećajući na finozrne kremene pješčenjake i kvarcite, u kojima se među aglomeratima anizotropnih zrnaca nalazi neka fibrozna , vlaknasta masa, kao prirodno vezivo ili cement. Takva vlaknasta masa sastavljena je od trakastih agregata, koji agregatno potamnjuju i vežu individualizirana kremena zrnca (sl. 2 i 4 c, pijesak N-DII-1 i N-DII-2). Očigledno je, da se ovdje srećemo sa vlaknastom odlikom silicijskog dioksida, **kalcedo-**

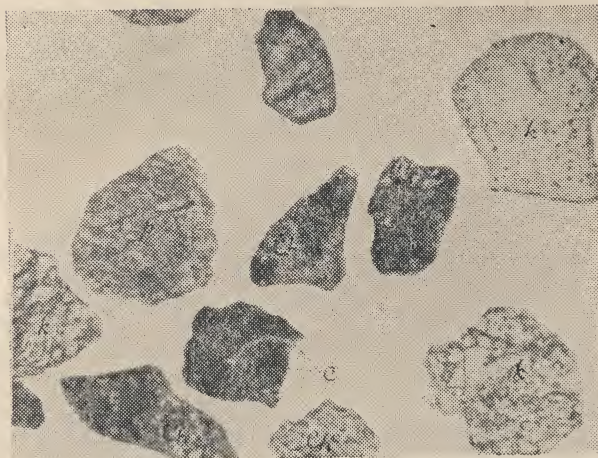
PIJESAK N-DII-2



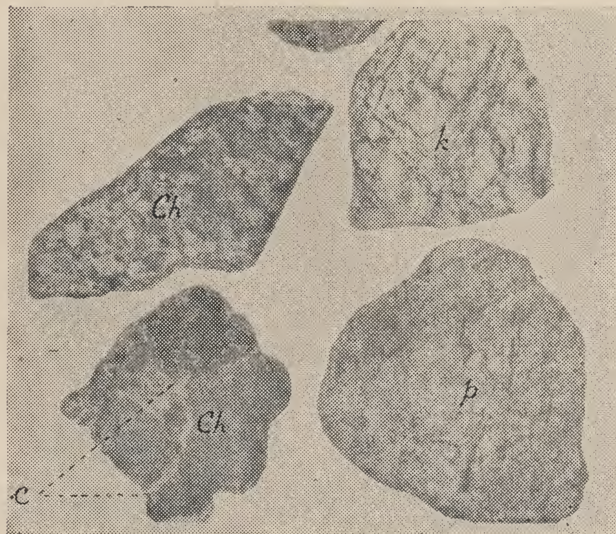
Sl. 1. Mikrofotografija srednjeg uzorka iz cjelokupnog pijeska N-DII-2. Nikoli +
k = kremen prozirac i mliječnjak; p = kremeni sitnozrni pješčenjak; Ch = »Chert«, mikroagregat s kalcedonom



Sl. 3. — Dva zrna »Cherta«. Nikoli +. Povećanje 43 ×. k = kremen prozirac; p = sitnozrni pješčenjak; Ch = chert, mikroagregat s kalcedonom



Sl. 2. — Ista mikrofotografija kao sl. 1. 1 Nikol. Tumač isti kao u sl. 1. C = kalcedon



Sl. 4. — Ista mikrofotografija kao sl. 3. 1 Nikol. Povećanje 43 x. Tumač isti kao u sl. 3. C = kalcedon

nom, kome je eksponent loma kao u kanadskog balzama. Kalcedon ima razne količine vode, a postaje prekristalizacijom iz opala (SiO_2 + xH_2O, od 1—25% sadržine, koji se pojavljuje bubrežast, grozdast, kao prevlake u pukotinama i šupljinama svih vrsta stijena (eruptivnih, sedimentnih, metamorfnih). U odlomcima, koje smo označili na sl. 1, 2, 3, 4 sa Ch nalazimo takvog veziva na više mjesta među mikroskopskim zrncima, ali uvijek manje ili više izrazito vlaknasta habita. Pravog opala amorfne građe nismo našli, ali pojedina razno bojena zrna sive i smeđaste boje ponašaju se poput pravih gela: ona su homogeno vrlo slabo osvijetljena, ispod dohvata promatranja u polarizacijskom mikroskopu s najvećim povećanjima. I takva smo zrna, odnosno dijelove odlomaka, označili na fotografijama oznakom Ch, jer se u našoj savremenoj inženjerskoj praksi pojavljuje problem »kalcedona« i »opalinca« t. zv. »Chert«[5], pri proučavanju normnog pijeska za istraživanje cementa. Bit će stoga korisno, da pijesak N-DII-1 i N-DII-2 pretražimo i kvantitativno na sadržinu odlomaka, u kojima ima kalcedona, odnosno koje možemo klasificirati u skupinu mikrokristalastih i gotovo amorfnih tvorevina sa svim osobinama t. zv. »Cherta«, ili zrna sa vezivom od kalcedona, odnosno manje ili više habita opala.

[5] »Chert« je engleski jezični geološko-petrografski termin, koji se nalazi na istaknutom mjestu u sedimentnoj petrografiji. Otuda je uveden i u tehničku literaturu, koja se bavi proučavanjem i odabiranjem pijeska eruptivnih, sedimentnih i metamorfnih stijena za ispitivanje cementa, i njihove primjene u velikim građevinskim objektima, kao što su mostovi, dolinske pregrade i visoke gradnje.

Prije nego prijeđemo na izdvajanje t. zv. »Cherta« u našim vrstama pijeska, navest ćemo podatke o toj mineraloško-petrografskoj vrsti silicijskog dioksida i njegove mikrofiziografske osobine. Ranije su samim tim imenom zvali raznovrsni mineraloški i petrografski materijal, kao na pr. silificirane vapnenjake i vapnene pješčenjake, diatomite, silificirane gline i škriljce, dr. Tako bi »Chert« bio neka poligenetska stijena. Sedimentni petrograf F. J. Pettijohn pokušava dati definiciju »Cherta« oslanjajući se na mišljenje W. A. Tarr-a i »Subcommittee on Nomenclatura of the National Research Council Comitee on Sedimentation«[6], navodeći, da su »Chert and Flint« najopćenitije nazvani silicijski sedimenti, ali da je »Chert« gusta kriptokristalasta stijena, sastavljena od kalcedona (mikrokristalna odlika vlaknastog silicijskog dioksida i mikrovlaknastog opala), te kriptokristalnog kremena. »Chert« je žilav, ima iverast do školjkast lom i razne je boje, bijel, siv, zelen, plav, rumen, crven, žut, smeđ, i crn. Parker D. Trask[7] svrstava »Chert« među kemijske ili biokemijske silicijske sedimente, uz flint, ahat, opal kalcedon. Rastrošen, izvjetren »Chert« je tvrd, lomljiv (kalcedonski chert), ali porozan i mehanički slab i vrlo škodljiv (otrovan, smrtonosan!) za visoke alkalne cemente. Tako zvani Hornstone (Hornstein = rožnac), Flint (Feuerstein = kresivac), Jasper (jaspis), Novaculite i t. d. sve su sinonimi »Cherta«.[8]

Napokon, Chambers' s Mineralogical Dictionary[9] definira »Chert« kao silicijsku stijenu, koja se sastoji od kriptokristalasta silicijskog dioksida, s uklopljenim ostacima silicijskih organizama spongija, radiolarija dr. Može postati kemijskim izlučivanjem koloidnog silicijskog doksida, zatim biokemijskim procesima bakterija i, napokon, iz podzemnih voda zasićenih silicijskim dioksidom. Prema tome ćemo ga naći kao sekundarna i u većim količinama u sedimentnim stijenama, pelitima, a često i u karbonatskim stijenama, vapnenjacima ili krečnjacima i dolomitima[10].

Chert« je čvrst, čvorast, grudičast ili slojevit, vrlo gust i tvrd, glatka školjkasta loma. Sjaja je mutna i voštana. Boje je promjenljive, od bijele do crne u svim nijansama.

U izbruscima u polarizacijskom mikroskopu je gotovo bezbojan, izvanredno finozrn mikrokristalast agregat. Negdje je kružnog ili eliptičnog oblika, i sačuvao pri prekristalizaciji neoštećene bodljike, čak i ćelije radiolarija.

Pojedino zrno »Cherta« pod velikim povećanjem pokazuje vlaknato valovito potamnjenje. Prekristalizacija opala u kalcedon (kalcedonski chert) je kao i devitrifikacija vulkanskog stakla, naglo ohlađenih lava i vulkanskog pepela.

Chert je zapravo vrlo finozrni kremen poput mozaika, u kome ima kalcedona i opalnog silicijskog dioksida. Ulazi među silicijske sedimente, koji su gotovo od čistog silicijskog dioksida, SiO_2, s manjim ili većim količinama vode.

Poznavanje i utvrđivanje prisustva kalcedona i opalnog silicijskog dioksida, kao »Cherta«, među odlomcima minerala i stijena u riječnom, jezerskom i morskom pjesku, postaje dakle danas važnim zadatkom mineraloško-petrografskih, kemijskih i mehaničko-tehničkih istraživanja.

U mikroskopskim preparatima pijeska N-DII-1 i N-DII-2 pregledali smo i prebrojili sa mogućom točnosti zrna pijeska na 1 cm^2 površine, odabravši one dijelove preparata u kojima je gustoća zrna bila približno jednaka. Dakako ovom istraživanju su bili podvrgnuti preparati s frakcijom zrna 1,2 — 0,75 mm.

Frakcija 1,2—0,75 mm	Pijesak N-DII-1 (Mura) Od 50 zrna	Pijesak N-DII-2 (Moluhe) Od 47 zrna
Kremena prozirca i mlječnjaka	32 zrna	25 zrna
Sitnozrna kremenog pješčenjaka	14-15 „	12-15 „
»Cherta«, t. j. zrna s kalcedonom	2-3 „	5-7 „

U postotcima ima u prvom pijesku 4-6% a u drugom i preko 10% zrna, koja možemo klasificirati kao »Chert«. Prema optičkom ponašanju je »Chert« u oba pijeska s kalcedonom, dakle stabilnom, gotovo sasvim iskristaliziranom odlikom silicijskog dioksida[11].

---

[6] F. J. Pettijohn, Sedimentary rocks, New York 1949 p. 320.

[7] Parker D. Trask. Applied Sedimentation, p. 131. New York - London, 1950.

[8] Parker D. Trask objašnjava t. zv. Alcali-aggregate reaction, koja je izravno zavisna o mineraloško-petrografskim osobinama čestica pijeska, koji potječe iz staklastih efuzivnih stijena od kiselih neutralnih vrsta, liparita, dacita. andezita, zatim minerala kao što su tridimit, opal, kalcedon, hidroliskuni iz filitskih stijena, kao najzad i »cherty rocks«. u kojima ima spomenutih mineralnih sastavaka. Takvi minerali, došavši u kontakt sa suviškom alkalija (iz visoko a kalnih cemenata) stupaju u reakcije, koja daju jedan silicijski gel koji osmotski prima vodu i pritom bubri, nadima se, razvijajući veliki, ekspanzivan pritisak. Pa i takav kameni materijal. koji nije prvobitno sklon toj reakciji, može postati reaktivan, kad dobije prevlaku ili intergranularno vezivo (cement među crnima) od opala, kalcedona, hidroliskuna i t. d. Autor navodi primjer »Hoover Dam«, u koji je ugrađen petrografski materijal sa česticama. ali u vrlo maloj količini, koje su sposobne za »alcali aggregate reaction«. Već je 20 godina prošlo a da nema vidljivih znakova spomenute reakcije. Međutim, brana Copper Basin im lokalni petrografski agregat, koji već poslije dvije godine pokazu e jake znakove spomenute reakcije.

[9] Chambers's Mineralogical Dictionary, London and Edinburgh 1948.

[10] U vapnenjacima i dolomitima je od velike važnosti, jer zatvara šupljinice i pere vršeći silificiranje karbonatskih stijena. T. zv. »chertizirane« karbonatske stijene postaju vrlo tvrde i jako otporne pri bušenju na ugalj, naftu i korisne minerale. »Chertizirani« vapnenjaci i dolomiti postaju nepropusni za vodu, plinove i organske tekućine.

[11] Napominjemo, da »Chert« može biti potpuno iskristaliziran, dakle kad je koloidna modifikacija silicijskog dioksida prešla u kristaloidnu, uz potpuni gubitak vode. U sumnjivim slučajevima moglo bi se pokušati, osim kemijsko-analitički, rentgenskim putem (Debyc-gramom!) otkriti strukturnu građu takvog zrna »Cherta«.

Ti su podaci o postotku »Cherta« u jednom i drugom pijesku relativni, ali nas ipak upućuju na pažljiva istraživanja metodom polarizacijskog mikroskopa ne samo tako čistog i svježeg kremenog pijeska, nego naročito pijeska, u kojemu ima mnogo zrna od eruptivnih efuzivnih stijena.

U oba pijeska nismo našli nikakvih ostataka fosilizirane faune i flore.

S obzirom na pojave i produkte trošenja možemo reći, da je kremen u svojim raznim odlikama i modifikacijama otporan prema atmosferilijama, i da je limonitska supstancija unesena u pojedino zrno, u njegove pukotine, kasnije, i sa strane. Limonitska supstancija nam otkriva u pojedinom homogenom zrnu kremena mikro i makropukotine, a u agregiranim zrnima udubine i šupljine raznog oblika, vršeći u mnogo slučajeva i ulogu mineralnog veziva (cementa) i u agregatu kremenog pješčenjaka, i u agregatu »Chertu«.

Sa druge strane je silicijski dioksid kemijski vrlo postojan i u svojim raznim odlikama (kao kremen, kalcedon, opal, ahat, jaspis, karneol, oniks i t. d.) i u raznim modifikacijima (kao α i β-kremen, tridimit, kristobalit) prema raznim reagentima neorganske i organske prirode. On im podliježe sporo izuzev alkalijske lužine, koje ga osjetljivo otapaju, o čemu već postoji u stručnoj mineraloškoj i petrografskoj literaturi obilan dokazni eksperimentalni materijal.

S obzirom na mehaničke osobine tog pijeska naglašavamo, da će pojedini odlomci finozrnog kremenog pješčenjaka biti mjestimično slabije otporni na mehaničke učinke izvana, na pritisak i udarac, i to zbog slabijeg »cementiranja«, vezanja, vezivom od silicijskog dioksida (u raznim odlikama i modifikacijama), limonitske supstancije, glinenih minerala i dr. Takva su zrna, međutim, malobrojna, a poznajemo ih po tome, što su izdužena i sa nerazmjerno velikim udubinama i izbočinama u odnosu prema obliku i veličini takvog cijelog zrna.

U takvom pijesku zrna su u največem broju gotovo izometrijska, a to je posljedica homogene mineralne građe i strukture (na pr. odlomci kristala kremena prozirca), kao i dobre veze, ujednačene i ravnomjerne cementacije finozrnih kremenih pješčenjaka i t. zv. kremenog mikroagregata —»Cherta«. Na mjestima slabije i nepotpune veze agregati se osipaju i odlomci dobivaju sve nepravilnije oblike.

U frakcijama 1,2 — 0,75 mm tog pijeska zrna kremena su kadikad sačuvala i svoj dineksagonalno bipiramidalan oblik, samo su bridovi i uglovi manje ili više otupljeni, zatim poput kuglica (perle), sa manje ili više uglačanom površinom (promatranja u binokularnom mikroskopu). I u mikroskopskim izbruscima vidi se, da zrna kremena poprimaju izometrijski, više okruglast oblik (N-DII-1 sl. 1 i N-DII-2 sl. 1 i 3).

Zrna sitno kristalastog pješčenjaka približuju se također izometrijskom obliku, koji je posljedica ujednačenog vezanja zrnaca tog pelitskog odlomka (N-DII-1 sl. 1 i N-DII-2 sl. 1 i 3.).

Zrna t. zv. »Cherta« su nešto izdužena, plosnata poput diska, ali i približno izometrična tako, da ih je teže odvajati od mikroagregata ostalih kremenih pelita.

Zaobljenost je najjače istaknuta u homogenih individua kremena prozirca (oblik perle), a u ostalih zrna tih dviju vrsti pijeska je zaobljenost angularna i subangularna, prema tome, da li su odlomci na površini udaranjem zrna o zrno, ili o tvrđu podlogu pri prenosu (transportu) vodom zadržali manje ili više poligonalan oblik. Zaobljenost i zaokruženost i njihov međusobni odnos može se također izraziti brojem, ukoliko to traže naročiti tehnički uslovi.

Osim zaobljenosti treba obratiti pažnju i na strukturu površine zrna tih vrsti pijeska. Zrna imaju pretežno hrapavu površinu, rjeđe glatku, kao poliranu. Hrapava je površina u homogenih zrna kremena mjestimično od korozije (dublje zaobljene udubine) pretežno pak od mehaničkih udaraca zrna o zrno, ili o tvrđu stijenu, odnosno mineral, pri prenošenju vodom i valjanju. U mikroagregata kremenog pelita struktura površine je šupljikava, a to se jasno ističe na opranim frakcijama pijeska u 25—50% otopini klorovodične kiseline. Promatranjem naime opranih zrna u binokularnom mikroskopu našli smo samo nekoliko zrna gotovo spužvaste strukture na površini sa uskim udubinama, koje su bile prije otapanja u razrijeđenoj klorovodičnoj kiselini ispunjene limonitskom i glinenom supstancijom. Samo takva zrna možemo smatrati, da će biti mehanički slabije otporna.

Prema tome smatramo obje vrsti pijeska svježim kremenim pijeskom.

Zaključak

1. Kremeni pijesak N-DII-1 i N-DII-2 ne sadržava u vodi topljivih soli, a od organske tvari pri ispiranju vodom samo koji komadić suha drveta.

2. Pijesak je sastavljen od individualizirana kremena (heksagonalne singonije), zatim sitnozrna kremenog pješčenjaka sa vezivom (cementom) od mutna mikrokristalasta kremena, i najzad t. zv. »Cherta«, mikroagregata kremenih zrnaca, vezanih jasno kristaliziranim, dijelom vlaknastim silicijskim dioksidom, kalcedonom.

3. Pojedina zrna pijeska su prevučena dijelom ili potpuno na površini limonitskom i glinenom supstancijom, kojima su primiješane manje količine sericita. Prevlake od ovih tuđih mineralnih primjesa možemo ukloniti sa površine kremenih zrnaca otapanjem u hladnoj, brže u toploj (80—90°C) 25—50% klorovodičnoj kiselini. Na taj način dobivamo od žućkastog pijeska N-DII-1 pijesak sivkaste boje, sličan vanjštinom pijesku N-DII-2, koji nosi manje spomenutih tuđih mineral-

nih primjesa (nečistoća) na površini pojedinih zrna.

4. Mikroskopska mineraloško-petrografska istraživanja obiju vrsti pijeska u izbruscima pokazala su, da u njima ima zrnaca kremenog mikroagregata, s mjestimičnim vezivom (cementom) od kalcedona, t. zv. »Cherta«, i to kalcedona, prema kemijskoj analizi, s vrlo malo vode, ili bez vode. Relativno ima takvih mikroagregata »Cherta« više u pijesku N-DII-2 nego u pijesku N-DII-1.

5. Pijesak je u oba slučaja mineraloško-petrografski svjež, t. j. osim tuđih mineralnih primjesa na pojedinim zrnima kremena i kremenih agregata i uklopaka (inkluzija) u njima, nema nikakvih drugih rastrošenih minerala. Rijetkim tuđim mineralima smatramo magnetit, turmalin, epidot, titanit, disten, pa koje zrno nekih stijena sa sitnozrnastom strukturom, ali njih ima malo, a osim toga su otporni (rezistentni) sastojci, jer su potpuno svježi.

6. Čišćenje ovih vrsti pijeska od tuđih mineralnih primjesa može se uspješno izvršiti ostavljanjem pijeska za vrijeme od jednog sata u klorovodičnoj kiselini, hladnoj, bolje toploj 25-50%.

VISEĆI TEMELJI ZA TEŠKE ČEKIĆE

Dr. ing. V. Andrejev, Zagreb

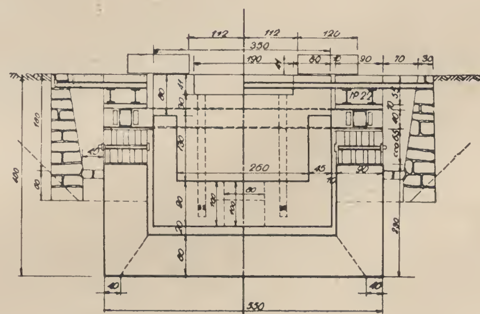
Od temelja čekića se traži, da ima potrebnu čvrstoću za preuzimanje naprezanja od dinamičkih sila, da zadovoljava uvjete ekonomičnosti u radu (koeficijent korisnog djelovanja) i da što manje uznemirava okolinu potresima. Posljednji je uvjet više puta vrlo važan zbog posljedica koje nastaju, ako se taj uvjet ne zadovolji.

Za temelj velikog mehaničkog čekića s težinom bata od 2000 kg i energijom udara 5,0 tm u novoj kovačnici industrije »Đuro Đaković« izrađene su dvije varijante, od kojih je jedna u obliku bloka, koji visi na lisnatim oprugama, kako to pokazuju slike. Postavljanje temelja na zavojne cilindrične opruge nije moglo doći u obzir iz razloga visokog podzemnog vodostaja, jer nijedna vrsta izolacije ne pruža potpunu sigurnost u toku dužeg vremena. Zbog toga uzete su lisnate opruge, koje su sastavljene u slogove tako, da se svaki slog sastavlja se od 3 gornje i 4 donje opruge. S obzirom na težinu temelja i na progib i vlastitu frekvenciju sistema uzeto je 12 slogova. Na tako sastavljene slogove temelj se opire pomoću 6 komada I nosača, koji prolaze kroz blok temelja u poprečnom smjeru, odnosno temelj visi na slogovima opruga, jer su nosači smješteni iznad njegova težišta.

Proračun takvog blok-temelja obuhvaća:

1. Centriranje i određivanje težine pokretnog dijela temelja.
2. Određivanje glavnih karakteristika opruga i maksimalne amplitude, koja nastaje od udara čekića.
3. Određivanje potrebnih dimenzija opruga i svornjaka.
4. Određivanje dimenzija poprečnih nosača.
5. Detaljan proračun samog bloka temelja.
6. Proračun usidrenja postolja čekića u blok temelja.
7. Proračun nepokretnog dijela temelja.

ad 1). Težina visećeg dijela temelja iznosi 198 tona, a određena je s obzirom na minimalnu potrebnu debljinu ploče ispod šabota i s obzirom na korisni koeficijent djelovanja. Šabot je težak 40 tona, isto tolika je težina postolja čekića. Dakle, ukupno statičko opterećenje opruga iznosi 278 tona. Temelj je strogo centriran. Ekscentricitet postolja čekića paraliziran je masom betona, koja je dodana bloku na njegovu prednjem dijelu u obliku konzole. Kod visećeg bloka potrebno je osobito strogo centriranje, jer u protivnom slučaju dobivamo tijelo sa više stepena slobode, dok strogo centrirani blok ima samo jedan stepen slobode.



ad 2). Čekić radi sa 75 udara u minuti, t. j s periodom t = 0,80 sek, odnosno s kružnom frekvencijom p = 7,85 $^1/$sek.

Iz toga se vidi , da nema mogućnosti odabrati takove opruge da bi blok temelja imao veći period oscilacija, jer to bi zahtijevalo vrlo mekane opruge, a što bi imalo za posljedicu velike amplitude oscilacije. Zbog tog razloga i zbog mogućnosti prigušenja opruge su odabrane tako, da statički progib bude δ_{st} = 25,5mm, jer u tom slučaju udar čekića dolazi nakon 2,5 vala vlastitih oscilacija bloka, pa tako parni udar čekića prigušuje oscilacije, koje nastaju od neparnih udara. Teoretski bi slika oscilacija bila takova, da oscilacije postoje u vremenskom intervalu od 2,5 perioda, zatim idućih 2,5 perioda ne postoje i t. d. Maksimalna

amplituda za slučaj praznog udara iznosila bi prema proračunu 4,1 mm, a dinamički koeficient bio bi 0,16, t. j. statičko opterećenje povećalo bi se samo za 16%.

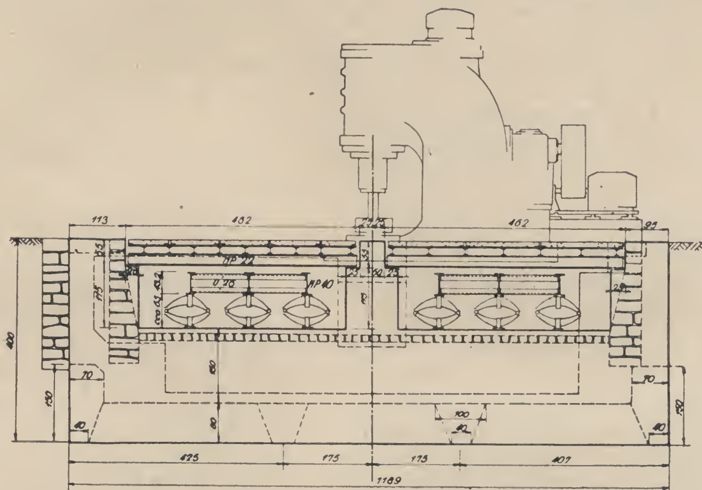
Proračun početne brzine visećeg bloka, a u vezi s tim i amplitude, izveden je na principu prenosa impulsa kod sudara dvaju nepotpuno elastičnih tijela. Ta se nepotpuna elastičnost karakterizira koeficientom elastičnosti, za kojeg postoje podaci u literaturi, ali najbolje bi bilo da se on ustanovi eksperimentalno na postojećim čekićima.

Proračunom dobivena maksimalna amplituda ne prelazi granice amplituda temelja na oprugama, ali neposredno stajanje radnika na temeljnom bloku ne bi bilo moguće. U tu svrhu iznad prednjeg dijela temelja predviđen je podium na I nosačima, koji leže na nepokretnom dijelu temelja. Dakle, radnici za vrijeme rada sa čekićem stoje na mirno ležećem podiumu. Ako bi se pokazala potreba, mogli bi se naknadno postaviti amortizeri.

rena na ploče nosača, mogla bi biti toliko velika, da bi deformiranje nosača u tijelu bloka bilo potpuno spriječeno, odnosno nosač bi se deformirao zajedno s betonskim blokom, t. j. moment inercije nosača na njegovom dijelu u tijelu betona praktički bi bio beskonačno velik, te bi se prema tome dijelovi izvan betonskog bloka mogli smatrati konzolama, koje su opterećene ležajnim reakcijama.

Po drugoj hipotezi smatramo da se apsolutna prionjivost ne može stvoriti ili da će ona s vremenom pod djelovanjem dinamičkih sila popustiti, pa se zbog toga poprečni nosači moraju smatrati običnim gredama na dva ležaja, koje su jednoliko opterećene težinom bloka temelja, koji na njima visi.

Dimenzioniranje po drugoj hipotezi mnogo je sigurnije, osobito ako se uzme u obzir, da kasnija intervencija u smislu popravaka ili pojačanja nosača uopće nije moguća, pa je prema tome preporučljivije postupiti po drugoj hipotezi.



ad 3). Slog opruga predviđen je sa 3 gornje i 4 donje opruge. Takav slog ima svojih prednosti u pogledu izrade uha za svornjake. Opterećenje pojedinih gornjih i donjih opruga je različito, a da ne nastanu sekundarni naponi, trebalo je opruge odabrati tako, da njihovi progibi budu jednaki, t. j. da progib gornjih i donjih opruga bude f=12,3 mm. Gornje opruge sastavljene su od 10 listova širine 120 mm i debljine 16 mm, o donje imaju širinu listova 90 mm. Maksimalni napon opruga iznosi $\sigma = 300$ kg/cm². Ukupna količina lisnatog čelika za opruge iznosi oko 5200 kg, a trebalo bi bi odabrati čelik čvrstoće $\sigma_{\delta} = 9000$ kg/cm².

ad4). Kod određivanja dimenzija poprečnih nosača, koji prolaze kroz blok i na kojima blok visi, nastaje pitanje, koju od dviju mogućih hipoteza treba uzeti za bazu dimenzioniranja tih nosača.

Po prvoj hipotezi prionjivost između betona i nosača, potpomognuta sitnom armaturom, koja obavija nosač, i kutnim željezima, koja su nava-

ad5). Temelj i šabot na njemu, koji leži na podlozi željeznog filca (50 mm debljine), u biti predstavljaju sistem sa 2 stepena slobode, ali je toliko velika razlika između njihovih frekvencija i masa, da šabot temelj odnosno viseći blok možemo promatrati zasebno kao sisteme s jednim stepenom slobode, osobito kad se uzme u obzir, da filc s vremenom gubi elastična svojstva i da tada stvarno nastaje sistem s jednim stepenom slobode, samo sa masom povećanom za masu šabota.

Kod udara čekića velike težine nastaju velike sile, na primjer, u ovom slučaju sila pritiska šabota na blok iznosi okruglo 800 tona, probojna sila na dno ležaja šabota u bloku iznosi okruglo 780 tona, a moment savijanja u srednjem presjeku bloka iznosi 850 tm. To su ekstremne vrijednosti sila, koje nastaju kod praznog udara čekića, kada se sva energija čekića predaje na šabot i temelj, dok u redovitom radnom pogonu te sile

moraju biti znatno manje, jer bi u protivnom slučaju korisni koeficijent djelovanja bio vrlo nizak. Dimenzioniranje se u svakom slučaju mora provesti za sile ekstremnog slučaja. Probojna sila sva se predaje na kosu armaturu, jer se samo tako može postići potpuna sigurnost.

ad 6). Važno je kod čekića, kod kojeg šabot i sam čekić stoje na istom bloku, (ima i takovih konstrukcija temelja, kod kojih čekić i šabot stoje na posebnim blokovima), da usidrenje bude ispravno dimenzionirano, jer u protivnom slučaju dolazi do kidanja vijaka. Vijci se opterećuju na rastezanje silama inercije, koje nastaju u momentu udara. Čekić udara šabot, a preko njega i blok temelja, koji time odjednom dobiva brzinu usmjerenu dolje. Sila impulsa, koja je jednaka produktu impulsa i kružne frekvencije sistema, koji se udara, uravnotežuje se sa silama inercije čitave mase bloka i postolja na njemu. Iz vrijednosti sile udara i međusobnog odnosa čitave mase i mase postolja određuje se sila inercije, koja djeluje na vijke.

ad 7). Nepokretni dio temelja, t. j. korito, u kojem visi blok, po svojoj konstrukciji sličan je suhom doku ili splavnici, samo je mnogo manjih dimenzija, pa se za njegov proračun mogu upotrebiti iste metode, koje se upotrebljavaju za gore spomenute objekte. U tom slučaju, zbog posebnih prilika, odnosno neprilika, koje su stvorene neposrednom blizinom temelja postojeće armirane betonske kovačnice, predviđalo se spuštanje korita kao bunara, a nakon toga bi uslijedila izrada dna.

Potrebe materijala

Obračun pokazuje da za izvedbu takovog temelja potreba materijala iznosi (u zaokruženim brojkama):

1. Betona	145 m³
2. Zida	40 m³
3. Armature	14000 kg
4. Opruge (poseban čelik)	6600 kg
5. Nosača (profiliranih)	9000 kg
6. Iskopa	370 m³
7. Oplate	360 m²

ARMATURA TEMELJA

Iz navedenih količina materijala se vidi, da bi izrada takvog temelja bila prilično skupa, pa će se takav temelj izvesti samo u izuzetnim prilikama, kada se mora žrtvovati materijalna strana. Podsticaj za izradu projekta u toj varijanti za temelj najvećeg čekića, koji se postavlja u kovačnici »Đuro Đaković«, dale su prilike koje su u priličnoj mjeri izuzetne. Naime, zbog nedostatka prostora i održanja određenog tehnološkog procesa čekić se mora postaviti u neposrednoj blizini temelja same armirane betonske kovačnice. Odluka je pala za varijantu s krutim temeljom, koji je duboko fundiran. Ta je varijanta znatno jeftinija. Točna komparacija troškova za izradu visećeg i krutog temelja otežana je promjenljivošću cijena nekih materijala, ali približan odnos troškova bio bi oko 2,5 : 1 do 2 : 1.

Glavna zapreka za izvedbu visećeg temelja, kako se vidi, sastoji se u skupoći te izvedbe, dok s tehničke strane ne bi bilo nikakvih poteškoća posebne vrste. No pored nedostataka viseći temelj ima i svojih dobrih strana. Naime, račun pokazuje da bi potres okoline bio sveden na najmanju mjeru, t. j. praktički potresa uopće ne bi bilo. što se u takvoj mjeri ne može postići sa drugim tipom temelja. U dobra svojstva visećeg temelja treba uračunati i njegovo u općem slučaju pliće fundiranje, što, na primjer, u ovom slučaju igra važnu ulogu, budući da se plitkim fundiranjem ne potkopava postojeći temelj statički neodređene građevine. Izvedbu visećeg temelja uglavnome poskupljuju skupe lisnate opruge od specijalnog čelika, no, kako izgleda, takav viseći temelj mogao bi se izvesti i sa zavojnim (cilndričnim) oprugama, koje se u običnoj izvedbi stavljaju ispod bloka, t. j. blok na njima leži, a ne visi. Kako je već na početku spomenuto, postavljanje temelja na zavojne opruge nije moglo doći u obzir zbog visokog podzemnog vodostaja. Čini se, da bi iskorišćenje materijala kod zavojnih opruga bilo povoljnije, a time bi se i nešto uštedilo, ali samo smještanje slogova zavojnih opruga bilo bi nešto kompliciranije.

Prigovori visećim temeljima u pogledu veličine koeficienta djelovanja imaju samo teoretsku vrijednost.

HIDROTEHNIČKI RADOVI U VEZI 10-GODIŠNJEG ORIJENTACIONOG PROGRAMA UNAPREĐENJA POLJOPRIVREDNE PROIZVODNJE (1953—1962)

Ing. Ivo Milković, Zagreb

Zaostalost poljoprivrede prema razvitku ostalih grana privrede, koje svakim danom kroče naprijed, kao i spori tempo njezinog razvitka, nameću kao neophodnu potrebu poduzimanja raznih mjera unapređenja poljoprivredne proizvodnje koje u rješavanju tog komplikovanog pitanja mogu dovesti do nekog rezultata unapređenja. Među ostalim mjerama najvažnije mjesto zauzima uređenje vodnog režima tako, da kod postojećih uslova koje pruža tlo i podneblje uz odgovarajuće agrotehničke mjere bude osiguran optimalni prinos kultura..

Poljoprivredna površina u NRH prema stanju 31-V-1951 iznosi 3 459 442 ha. Od te poljoprivredne površine imade obradive površine 2 116 551 ha odnosno 61%. dok ostatak sačinjavaju pašnjaci uključivo sa kamenjarima, ribnjaci, bare i trstići.

Prema klimatološkim uslovima, načinu gospodarenja podijeljena je N. R. H. u četiri poljoprivredna proizvodna rajona, i to:

I. Ravničarski ili žitorodni rajon.

II. Brežuljkasto-stočarsko-voćarski ili kukuruzni rajon.

III. Stočarsko-pašnjački ili krumpirski rajon.

IV. Vinogradarsko-voćarsko mediteranski rajon.

Uređenje vodnog režima zahtjeva površina od 951 509 ha t. j. 27,5% poljoprivredne površine ili 45,1% obradive površine.

Ta površina nalazi se u ovim rajonima

Rajon	Površina koju treba meliorirati	Odnos površine koju treba meliorirati prema	
		poljoprivr. površini	obradivoj površini
N. R. H.	951. 509	27, 5 %	45, 1 %
Rajon I	589. 788	69, 5 %	80, 5 %
Rajon II	299. 735	28, 6 %	33 6 %
Rajon III	12. 232	2, 77%	5 93%
Rajon IV	50. 154	4, 14%	17, 7 %

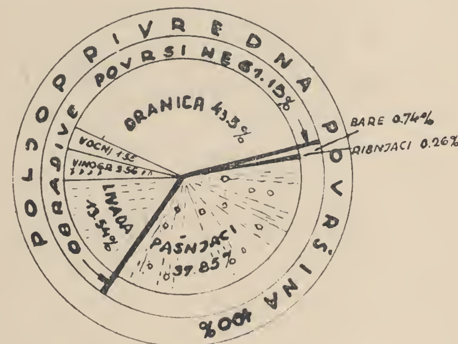
Za ocjenu važnosti mjerodavniji su postoci obradivih površina, jer je u pašnjacima uključivo s kamenjarima, koje imademo 1 308 408 ha u III i IV rajonu 827 190 ha t.j. 63,2%, gdje je potreba snabdijevanja vodom ljudstva i stoke primarna i nema potrebe za nekim hidrotehničkim melioracijama.

Rajoni I i II po proizvodnji su oni rajoni, koji daju tržne viškove. U periodu od 1947 do 1952 godine od tržnih viškova žita i kukuruza u N.R.H. ta dva rajona davala su 73,2% žita a 41,3% kukuruza.

Uzmemo li oba rajona, I i II, to omjer obradive površine i površine koju treba meliorirati iznosi 54,1%. Dakle, polovina žetve I i II rajona ovisi o uređenju vodnog režima.

Do sada je raznim radovima obuhvaćena površina od 397 517 ha t. j. 41,7% od površine koju treba meliorirati. Koliko su to teški i etapni radovi, najbolje će nam pokazati razvoj radova i ure-





RAJON	POVRŠINE POLJOPRIVREDNE	OBRADIVE u Ha
N.R.H.	3459442	2116651
I.	848989	732778
II.	1045997	890201
III.	437646	204823
IV.	1226890	288849

đenje zemljišta. Odvojivši radove izvedene još od Rimljana, s nekim sistematskim radovima započelo se polovinom 19 vijeka. Inicijativa za te radove bila je u rukama zemljoposjednika, koji su udruženi dobili dugoročne jeftine kredite i izveli radove odvodnjavanja. Regulacioni radovi kao i uređenje bujica, koji su istovremeno započeti, izvodila je država iz svojih sredstava.

Do prvog svjetskog rata meliorirana je površina od oko 200 000 ha, ne uzevši u račun područja kod kojih je bilo ustrojeno interesenstvo za neke lokalne vodotoke i radove. Iza prvog svjetskog rata provedenom agrarnom reformom sve se više sa ekstenzivnog gospodarenja prilazilo intenzivnijem. Osim toga, sječom šuma ogoljena su oborinska područja ,tako da se pokazala potreba rekonstrukcije već čitavih izgrađenih sistema uslijed izmijenjenih uslova, prema kojima su oni dimenzionirani i izgrađeni.

U periodu između dva rata vršeno je održavanje i postepeno proširivanje melioracionih zahvata, tako da se došlo do prije navedene površine.

Do 1941 godine na melioracijama je bilo izvedeno:

1120 km nasipa sa 34 100 000 kubika nasute zemlje,
5330 km kanala sa 28 500 000 kubika iskopa,
2620 km kanalske mreže kod komasacija sa 6 390 000 kubika iskopa,
126 km telefonske linije,
12 km odvodnih tunela,
2472 kom. objekata (ustava, propusta, stepenica),
25 čuvarskih kuća,
13 crpnih stanica ukupnog kapaciteta 25,335 m^3/sek sa instaliranim pogonom od 2296 ks,
8 crpnih stanica ukupnog kapaciteta 2,5 m^3/sek, s povremenim pogonom traktorom jačine 40—50 ks.

Vrijednost izvršenih radova na odvodnjavanju i obrani do 1947 godine po sadašnjim cijenama iznosi 27,94 milijardi dinara.

Od 1947 godine radovi započeti na pojedinim poljima prema petogodišnjem planu uslijed objektivnih poteškoća nisu završeni, tako da ne možemo računati s nekim novo dobivenim površinama — osim nešto na navodnjavanju — već jedino s poboljšanjem površina.

Neka polja su gotova do 75% (Jelas, Topolovac), tako da će se u prvoj polovini programa ona moći završiti.

Vrijednost radova do 1952 godine porasla je na 29,609 milijardi dinara, zemljani radovi kod na-

sipa na 31,734 miliona kubika nasute zemlje, kod kanala na 29,1726 miliona kubika iskopa.

Broj izgrađenih crpki 14 sa kapacitetom od 29,335 m^3/sek i sa instaliranom pogonskom snagom od 2. 840 ks.

Kako su radovi na odvodnji i navodnjavanju u uskoj vezi s radovima na regulacijama rijeka i uređenju bujica, iznijet ćemo prije prijelaza na izlaganje programa stanje tih radova. Regulacioni radovi vršeni su donekle sistematski na Dravi Muri i Rječini, a sa prekidima na Savi, Kupi i Uni, već prema politici, koje je vodilo Ministarstvo poljoprivrede Mađarske od polovine 19 vijeka do 1918 godine. Prema podacima Mađarskog Ministarstva poljoprivrede » A vizi tarsulatokra vonatkozo statisztikai ádatok«, Budapest, 1916 godine, prvobitno uspostavljena obala do 1914 godine na teritoriju N.R.H. bez Dunava bila je 398,2 km; od toga:

na Savi	177,00 km,
na Dravi	166,70 km,
na Muri	7,50 km
na Kupi	8,00 km,
na Uni	2,00 km,
na Rječini	37,00 km

Vrijednost radova po sadanjim cijenama bila je 5,38 milijardi dinara. Uslijed slabog održavanja za vrijeme ratova kao i nesistematskog rada između dva rata propalo je 236,9 km već izvedene obale, i to

na Savi	116 km,
na Dravi	120,10 km,
na Muri	0,50 km,
na Kupi	0,30 km,

t. j. 59,65%.

Naročito na pograničnim rijekama Dravi iMuri situacija je danas takva, da su Mađari unatrag 30 godina uspjeli osigurati sve jače konkave, pa se naš teritorij odnaša godišnje u površini od 90—106 ha, ne računajući ugrožen saobraćaj i naselja.

Po oslobođenju do 1952 godine utrošeno je po sadanjim cijenama 915 000 000 dinara i uspostavljeno 304,9 km obale, t. j. svega 76,1% prvobitne duljine iz 1914 godine.

Vrijednost izvedenih radova na regulacijama do 1952 godine iznosi 8,595 milijardi dinara. Na 69 bujičnih područja sa 297 registriranih bujica na površini od 3141,8 km^2 do početka II svjetskog rata izvršeno je 473 000 m^3 zida pregrade i pošumljeno 13840 ha užih bujičnih rajona. Za vrijeme rata radilo se vrlo malo, a neki pošumljeni bujični tereni ponovo su ogoljeli (slučaj Zrmanja i t. d.).

Od oslobođenja do danas utrošeno je na bujične radove 199 miliona dinara, ugrađeno 25 559 m^3 zida i pošumljeno 430,7 ha.

Vrijednost radova do 1952 godine iznosi 3,783 milijardi dinara. Problem zaštite zemljišta i sistematizacije kod nas se uopće dosada nije tretirao, iako se na nekim dijelovima naše republike nameće svom oštrinom.

Taj problem obuhvaća:

a) problem namjene (privredno iskorištavanje),

b) sprovođenje mjera za zaštitu zemljišta od erozije i gubljenja vlage (mjere biološke, hidrotehničke, i agrarno-tehničke). Taj rad treba da obuhvati poljoprivreda, kod čega treba da je najnužnija saradnja raznih struka, agronoma, šumara, hidrotehničara geologa.

Pri razradi orijentacionog programa hidrotehničkih radova rukovodilo se ovime:

1. Financiranje radova.

a) Radovi općeg značaja kao regulacija rijeka, uređenje bujica, obrane od poplave, izrada akumulacionih basena, magistralnih kanala za odvodnju, navodnjavanje iz općih sredstava t. j. državnog budžeta.

b) Radovi za odvodnjavanje, navodnjavanje kao detaljna kanalska mreža na račun interesenata, time da im se dade dugoročan jeftin zajam (rok otplate najmanje 30 godina sa 2% kamata).

2. Završiti sve započete radove u toku petogodišnjeg plana, osim melioracije Lonjskog polja.

3. Izvršiti melioraciju polja Cetine zbog potapanja Ribaričkog i Koljanskog polja, izgradnjom dolinske pregrade kod Peruče.

4. Izvršiti rekonstrukciju postojećih sistema, koji su izgrađeni polovinom 19 vijeka.

5. Osigurati obale na graničnim dijelovima Mure i Drave, da se spriječi odnošenje naše teritorije.

6. Osigurati naselja, komunikacije, obrambene nasipe na Savi, Dravi, Muri, Kupi i Uni

7. Provoditi sukcesivnu regulaciju na potezima kao cjelinu.

8. Nastaviti rad na uređenju bujica, koje su direktno povezane sa poljima regulacijama rijeka.

9. Započimati uređivati bujice na potezima gdje se predviđa izgradnja akumulacionih basena.

Radi računa rentabiliteta za pojedine vrste hidrotehničkih radova u programu iznijeti su zasebno radovi

I) odvodnjavanja,
II) navodnjavanja,
III) regulacije i obrane od poplave,
IV) uređenje bujica.

Radovi na odvodnjavanju

U daljnjoj perspektivi trebalo bi izvršiti radove odvodnjavanja na površini od oko 760 000 ha, uključivši i Lonjsko polje. U programu predviđen je rad na površini od 366 229 ha, od toga u I rajonu 190 200 ha, II rajonu 130 827 ha, III rajonu 12 080 ha i IV rajonu 33 122 ha.

Od te površine dobiva se svega 24,9% nove površine, dok je 75,1% predviđena nadopuna po-

boljšanja već ranije izvedenih sistema. Na to nas naročito upućuje poplava unutarnjih voda iz 1951 godine, kad je uslijed slabe odvodnje na I i II rajonu, i to samo djelomično obuhvaćenom poplavama, bila šteta od 3 milijarde dinara. Tako je u programu nadopuna sa 75% predviđeno 29,6% površine, nadopune sa 50% predviđeno 30,3% površine i nadopune sa 25% predviđeno 15,2%.

Investicija s opremom bila bi 9,844 milijarde dinara, računajući građevinske radove po današnjim cijenama. Opterećenje investicija po ha kreće se od 15 300 Din. do 112 000 Din po ha, već prema rajonima i potrebnim radovima. Kod računa rentabiliteta izradila je komisija agronoma povećanje čistog prihoda za pojedine rajone po ha. Tako je na bazi cijena poljoprivrednih produkata dobiven čisti prihod. Kod odvodnjavanja za I rajon 4667 Din, II rajon 7 242 Din, III rajon 6 323 Din i IV rajon 16 150 Din.

Uzevši da su troškovi održavanja sistema odvodnje 400 Din po ha u presjeku, uz uslov vraćanja zajma u roku od 30 godina i 2% zateznih kamata to je postotak opterećenja čistog prihoda anuitetom i održavanjem od 18,7% do maksimuma 33,32%. Najrentabilniji su radovi u I i II rajonu Od važnijih objekata u rad su predviđeni Bid polje, Jelas, Crnac polje, Podravina, Međimurje, Baranjski rit.

U Dalmaciji Sinjsko, Hrvatačko—Cetinsko—Raško i Vrličko polje, Imotsko—bekijsko polje, Vrgorsko jezero i Neretvanska blatija. U Istri dolina Raše. Od lokalnih radova predviđeno je 60 polja sa ukupnom površinom od 30 032 ha.

Predviđeni su zemljani radovi:
za nasipe 5 810 miliona m^3 nasutog iskopa,
za kanale 27 828 miliona m^3 iskopa,
zidarski radovi 98 654 m^3, od toga betona 86 850 m^3, zidova 12 204 m^3.

Radovi navodnjavanja

U daljnjoj perspektivi mogućnost navodnjavanja postoji na površini od oko 280 000 ha, uključivši i Lonjsko polje.

Do sada osposobljena površina iznosi svega 0,53% gornje mogućnosti. Do 1947 imali smo navodnjavanje samo u Rastoku — Dalmaciji na površini od oko 600 ha. Od 1947 do 1952 osposobljeno je 1200 ha u Jelas polju vodom iz Orljave. Kako Orljava za vrijeme vegetacionog perioda nema dovoljnu količinu vode, plodoredom navodnjavanja se svake godine dobiva samo trećina osposobljene površine. Mogli bi navodnjavati površinu od 280 00ha, i to 170 000 ha iz vodotoka gravitacijom ili crpanjem 60 000 ha iz akumulacije i 50 000 ha sa podzemnom vodom crpanjem. Utrošak vode u poljoprivredi na teritoriji NRH iskazane za period od 1930—1939, i to za grupe žitarica, industrijskog bilja, povrtnog bilja, krmnog bilja, livada i pašnjaka iznosi 2375 miliona m^3 što predstavlja 3,5% od ukupne oborine u periodu te godine.

Koristeći mogućnost dobave vode, uključivši i od elektroprivrede projektiranu akumulaciju na Cetini kod Peruče, predviđeno je ovim orientacionim programom da će se navodniti 78281 ha, od toga 75% brazdanjem i 25% kišenjem.

Od 78 281 ha bilo bi u I rajonu 47 000 ha, u II rajonu 12 500 ha, u III rajonu 997 ha i IV rajonu 17 784 ha.

Investicije za taj rad sa opremom i opterećenjem dijela akumulacije iznijele bi 8 154 milijardi Din, a po 1 hektaru i rajonu bile bi od 60 300 do 134 000 Din.

Povećanje čistog prihoda po hektaru bilo bi od 18 044 do 46 562 Din, već prema rajonu u kome se nalazi površina koja se navodnjava.

Uzevši da je trošak eksploatacije i održavanja 2 000 Din po ha, uz iste uslove zajma kao kod odvodnjavanja opterećenje čistog prihoda je od 15,8 do 29,2%.

Najrentabilniji su radovi u IV rajonu, pa zatim u drugom i prvom.

Od većih objekata obuhvaćeni su Baranja, Biđ—Bosut, Jelas, Crnac, kraška polja sliva Cetine, Mirna i 23 lokalna polja sa 4 534 ha.

Zemljani radovi iznijeli bi:

za kanale 6,921 miliona m^3 iskopa,
za nasipe 0,857 miliona m^3 nasutog iskopa,
zidarski radovi 281 856 m^3; od toga beton 147 806 m^3, zidovi 134 050 m^3.

Radovi regulacija vodnih tokova i obrana od poplave

Radovi na obrani od poplave čine preduvjet za sve kasnije melioracione zahvate i mogućnost proizvodnje.

Površina koja se dosada djelimično brani iznosi 669 000 ha sa 229 naselja, 676 km željezničke pruge, 1 583 km cesta i 35 tvornica, koje su kasnije izrađene u poplavnom terenu.

Velike vode Dunava, Drave, Save pojavljuju se u izvjesnom ciklusu. Najveća katastrofa bila je 1926 godine, kada je na teritoriji N.R.H. bila poplavljena Baranja, cijelo državno dobro Belje sa 29 000 k. jutara i svim poljoprivrednim upravama u ritu. Teška obrana od poplave na području Save bila je 1932 godine, kad se uspjelo obraniti Slavoniju i Srijem no cijela Bosutska Posavina bila je poplavljena. Rentabilitet tih radova opravdava šteta koja poplavom može nastati. U programu je predviđeno uređenje nasipa na obalama Save na dijelu Biđ—Bosut, Jelas polja, zatvaranje Crnac polja i uređenje nasipa na potezu Zagreb—Sisak.

Paralelno sa uređenjem obrambenih nasipa vršili bi se regulacioni radovi, osiguranja obala, i to naročito na graničnim tokovima.

Za period od 10 godina predviđa se izvesti regulacija i uređenje obale na dužini od 544,6 km od toga na Savi 369,5 km, Dravi 129,5 km, Muri 34,7 km, Kupi 10,00 km, Uni 0,80 km.

Investicije na uređenju nasipa, obrani od poplave i regulaciji rijeka iznose 7,037 milijardi Din, a po vodnim tokovima bilo bi:

Sava 2,584 milijardi Din,
Drava 3,827 milijardi Din,
Mura 0,565 milijardi Din,
Kupa 0,050 milijardi Din,
Una 0,011 milijardi Din.

Jednogodišnja šteta od poplave na branjenom području može iznijeti 74,1% od cjelokupne investicije prema detaljno izrađenoj ekonomici.

Zemljani radovi bili bi 7,513 miliona kubika; od toga

u koritu 0,643 miliona m^3,
u nasipima 6,870 miliona m^3,
kamena 605 700 m^3,
betonskih blokova 31 000 m^3.

Radovi na uređenju bujica

297 registriranih bujica imade površinu rajona od 3141,8 km^2 od čega je u

I rajonu 4 bujice sa 114,7 km^2,
II rajonu 9 bujica sa 852,4 km^2,
III rajonu 15 bujica sa 510,7 km^2,
IV rajonu 41 bujica sa 1664,00 km^2.

Do sada je izvršeno uređajnih radova

Rajon	Više od 50%	Manje od 50%	Dosada nije rađeno	Svega broj
N. R. H.	64	133	100	297
Rajon I	3	3	5	11
Rajon II	3	21	17	41
Rajon III	30	33	17	80
Rajon IV	28	76	61	165

U razdoblju od 1953—1962 godine predviđeno je urediti 1994,9 km^2 s investicijom od 1,226 milijardi dinara, odnosno, po rajonima:

Rajon I 73,9 km^2, investicija 0,065 milijardi
Rajon II 506,5 km^2, investicija 0,038 milijardi
Rajon III 531,6 km, investicija 0,239 milijardi
Rajon IV 581,1 km^2, investicija 0,840 milijardi

Rentabilitet je opravdan štetom, koja u jednoj godini može nastati na saobraćajnim objektima, zemljištu, naseljima u omjeru prema potrebnim investicijama, a koja iznosi 61,1% od cjelokupne investicije. Bujicama je izloženo zemljište u površini od 58 388 ha, cesta 538 km, željeznica 112 km, 85 naselja i 31 most.

Orijentacionim programom predviđena je izgradnja akumulacija na Orljavi, niske dolinske pregrade sa pritokama Karašice i Vučice, Česmi te u četvrtom rajonu na otoku Krku.

U prvom rajonu zapremina bila bi 36 000 000 m^3 s investicijom od 1,860 milijardi dinara. Od toga je u odvodnji uračunato 0,7 milijardi, u navodnjavanju 0,6 milijardi, ostalo 0,560 milijardi.

U četvrtom rajonu bila bi zapremina 1 800 000 m^3 sa investicijom od 0,66 milijardi Din. Od toga u odvodnji uračunato 0,16 milijardi Din,
za navodnjavanje 0,33 milijardi Din,
ostalo 0,17 milijardi Din.

Rekapitulacija:

Investicije do 1952 godine:
a) odvodnja, navodnjavanje i obrana 29,609 milijardi Din,
b) regulacija rijeka 8,595 milijardi Din,
c) uređenje bujica 3,783 milijardi Din,
Svega 41,987 milijardi Dinara.

Za postavljeni orijentacioni program 1953—1962 godine imali bi investicija

28,070 milijardi Din,

a) odvodnjavanje	9,844 ili	35,03%,
b) navodnjavanje sa akumulacijama	8,154 ili	29,05%
c) regulacija i obrana	7,037 ili	25,09%,
d) uređenje bujica	1,226 ili	4,38%,
e) ostalo od akumulacija	0,730 ili	2,60%,
f) studije i ostalo	1,079 ili	3,84%.

U tim iznosima uračunata je i oprema (hidrauličke i pogonske mašine, dalekovodi, trafo-stanice, uređaji ustave, telefonske linije); ona iznosi 2,0824 milijarde Din.

Zemljani radovi u iznosu od 48, 929 miliona m^3 izveli bi se sa 60% mehanizacijom.

U orijentacionom perspektivnom programu nije obuhvaćeno Lonjsko polje, iako je 1949 godine započeto s izgradnjom odušnog kanala. Površina Lonjskog polja iznosi 110 729 ha, od kojih je djelimično meliorirana kaseta Topolovac u površini od 10 000 hektara.

Prema odobrenom idejnom projektu ti bi građevinski radovi s opremom stajali 20 milijardi Dinara i to

a) Odušni kanal	3,5	milijardi Din,
b) Kanal Kupa-Lomnica	0,57	milijardi Din,
c) Ustava na Odri	0,25	milijardi Din,
d) Nasipi	4,4	milijardi Din,
Svega:	8,72	milijardi Din.

Kanalska mreža za odvodnju i navodnjavanje sa objektima po kasetama 11,28 milijardi Din.

Osnovne građevinske veličine bile bi:

a) zemljani radovi 38,630 miliona kubika,
od toga nasipa 24,039 miliona kubika,
kanala 14,591 miliona kubika,
b) zidarski radovi 245 000 m^3,
od toga
beton 125 000 m^3,
zidje 125 000 m^3,
c) kameni nabačaj 293 000 m^3.

Kod toga ne smijemo smetnuti s uma, da moramo prije urediti sva niže ležeća polja i da cijeli orijentacioni program bez Lonjskog polja iznosi 28,07 milijardi Din koje se već sukcesivno tokom godina izvedbe otplaćuje, dok bi kod Lonjskog polja dobili površine tek pri kraju radova, i to najteža tla u Europi, kod kojih još dolazi provađanje agrotehničkih mjera za vrijeme od 5—7 godina po kompletnom završenju hidrotehničkih radova. Izvađanje zahvata Lonjskog polja moglo bi se provesti u periodu od 1962 do 1972, ili eventualno tako, da se prethodnim radovima po osiguranju mehanizacije za zemljane radove pristupi u 1957 godini i da se izvedu

a) kanal Kupa—Lomnica	0,57	milijardi Din,
b) Ustava Odra	0,25	milijardi Din,
c) Odušni kanal	3,50	milijardi Din,
d) Akumulacija Mokro polje i kaseta 1, 2, 3	2,88	milijardi Din,
Svega:	7,00	milijardi Din,

dok bi se ostalom pristupilo 1962 godine. Način i vrijeme izvršenja riješit će se onda, kad se riješi pitanje kadra i mehanizacije. Zbog toga je u desetgodišnjem orijentacionom programu obuhvaćeno samo ono što bi se krajnjim naporom i moglo izvršiti, ukoliko se na vrijeme završe ključni objekti.

Izvršenjem orijentacionog programa povećala bi se proizvodnja

kod navodnjavanja:	
strmnih žita	3 360 t
kukuruza	11 700 t
postrmnog	3 560 t
šećerne repe	80 500 t
povrća	204 150 t
krmnog bilja sa oranica	58 570 t
sijena sa livada	10 760 t
postrmnog krmnog bilja	28 850 t
suncokreta	20 t
pamuka	800 t
grožđa, voća	3 560 t
kod odvodnjavanja:	
kod strmnih žita	66 000 t
šećerne repe	92 000 t
kukuruza	82 000 t
konoplje	9 400 t
povrća	110 000 t
krmnog bilja sa oranica	103 000 t
sijena sa livada	42.500 t
suncokreta	200 t
pamuka	520 t

Izvršenje tog orijentacionog programa kao i uspjeh samih melioracionih zahvata ovisi u prvom redu od zalaganja samih interesenata, zemljoposjednika, koji udruženi u vodne zajednice treba da izvedu te radove, održavaju ih i eksploatiraju.

ŽELJEZNIČKO ČVORIŠTE U OKVIRU DIREKTIVNE REGULATORNE OSNOVE ZAGREBA

Ing. M. Sinković, Zagreb

Zavod za urbanizam NOGZ izdao je Direktivnu regulatornu osnovu Zagreba time, da interesenti iznesu svoje primjedbe i prijedloge, kako bi se uz njihovu pripomoć mogla donijeti definitivna regulatorna osnova Zagreba.

Smatram potrebnim da iznesem svoje primjedbe i kritiku na plan budućeg uređenja željezničkog čvorišta prema ovoj Direktivnoj osnovi. Za potpuno razumijevanje stanja tog čvorišta bezuvjetno je potrebno poznavanje historijata njegova postanka i svega onog što je bilo s time u vezi. Žejezničko čvorište ne može se smatrati nekom novom građevinom u tom smislu kao da na pr. danas još uopće ne postoji, da se izrade planovi, a za dvije tri godine se izgradi te već može funkcionirati u čitavom svom opsegu. Željezničko čvorište je, naprotiv, uslijed svoje specifičnosti produkt dugogodišnjeg razvitka, pa tko ga ne poznaje podrobno, ne može si stvoriti ispravnu sliku postojećeg, a još manje može pratiti ono, što bi se moralo izvesti u budućnosti. Zato sam prinužden početi svoja razmatranja »ab ovo«.

1. Kratak historijat razvitka čvorišta do godine 1945

Prva pruga, izgrađena na području Zagreba, bila je predana prometu g. 1862. Ova pruga povezuje stanicu Zidani Most, na magistrali Beč—Trst, preko Zagreba sa Siskom (sl.1). Prugu je sagradilo i njome upravljalo Privilegirano društvo južnih željeznica (JŽ). Zagreb je dobio svoj prvi kolodvor — nazvan Južnim kolodvorom — koji je bio obična prolazna stanica sa 6 kolosijeka, prijamnom zgradom, robnim skladištem i malom ložionicom. Danas zovemo taj kolodvor Zapadnim, koji je u svemu, pa i po svom opsegu, u cijelosti identičan s ondašnjim Južnim kolodvorom, te će za 9 godina slaviti 100-godišnjicu svog postanka.

Godine 1865 isto društvo predalo je prometu prugu Zagreb—Karlovac, koja se odvaja od već postojeće pruge Zagreb—Sisak kod ogranka Savski most, nekoliko stotina metara južno od savskog željezničkog mosta. Prolazni Južni kolodvor postao je time raskrsni koodvor, pa tu godinu mo-

žemo smatrati početkom razvitka zagrebačkog željezničkog čvorišta.

Godine 1870 Ugarske državne željeznice (UDŽ) predale su prometu prugu Zákány—Zagreb kao dio ugarske magistrale Budimpešta—Rijeka (sl.1). Prije toga otkupile su UDŽ od JŽ postojeću prugu Zagreb—Karlovac. Pruga Zákány—Zagreb ulazila je u Južni kolodvor, koji je tako postao od raskrsne stanice — ukrsna, i to za pruge Zidani most-Sisak i Zákány-Karlovac. Za ovu posljednju prugu Južni kolodvor je imao još čeoni karakter, jer su svi vlakovi te pruge morali mijenjati u toj stanici svoj smjer. Interesantna je za razvitak čvorišta činjenica, da je taj kolodvor u toku od 8 godina dva puta mijenjao svoj osnovni pogonski karakter: prolazni-raskrsni i raskrsni-ukrsni, a da kod toga ni na kojem njegovom postrojenju nije bila načinjena neka promjena.

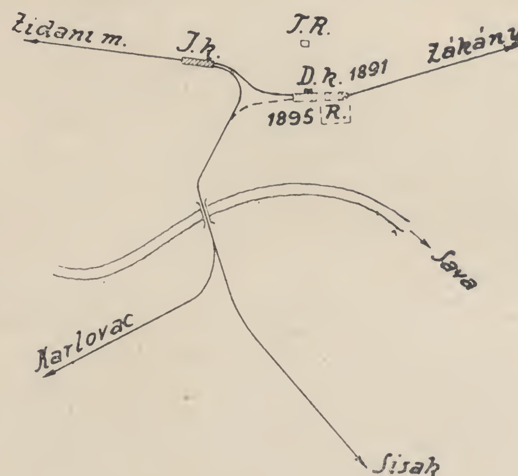
Kako vidimo iz gornjih podataka, Zagreb je dobio dosta kasno svoj priključak na željezničku mrežu. Promet na tim prugama po svoj prilici nije bio naročito velik, pa ga je Južni kolodvor s tako ograničenim postrojenjima mogao svladavati preko 20 godina, tako da nije bilo promjena sve do godine 1891.

Konačno su UDŽ uvidjele, da se ne mogu služiti u nedogled s Južnim kolodvorom, pa su g. 1891 predale prometu novi Državni kolodvor (sada Glavni kolodvor) zajedno sa direktnim priključkom na prugu Zagreb—Sisak kod Ogranka (sl. 2). Sada je Južni kolodvor postao opet obična prolazna stanica, a isto takav je bio i Državni kolodvor, koji je sadržavao u sebi sva postrojenja velikog kolodvora u više embrionalnom stanju. Kolosječne skupine, robna skladišta i ložionica bili su postepeno proširivani kroz 10 godina u okviru prije predviđenog opsega.



S. 1. — Razvitak zagrebačkog željezničkog čvorišta u g. 1862—1870

Godine 1891 bio je dakle određen osnovni kostur zagrebačkog željezničkog čvorišta. Godine 1895 bila je u neposrednom dodiru s Državnim kolodvorom izgrađena Radionica za popravak lokomotiva i vagona UDŽ na području Hrvatske. Ta je radionica bila u ono vrijeme velika tekovina grada Zagreba, jer je bila svakako najveće privredno poduzeće na njegovu području.



Sl. 2. — Razvitak zagrebačkog željezničkog čvorišta u g. 1891—1895

Međutim su UDŽ skoro uvidjele, da treba zbog porasta prometa na početku 20-tog stoljeća provesti proširenje postojećih staničnih postrojenja. Ove su se studije projekata zavukle sve do početka prvog svjetskog rata, pa nije više došlo do izvođenja tog plana. Opširnije su ta planiranja opisana u članku prof. Peterčića: Željezničko pitanje u regulatornoj osnovi grada Zagreba, »Tehnički list« 1937, br. 19 i 20. Nas dalje ne interesiraju, jer njihovo izvođenje nije bilo provedeno te nisu prema tome imala nikakvog utjecaja na kasniji razvitak čvorišta.

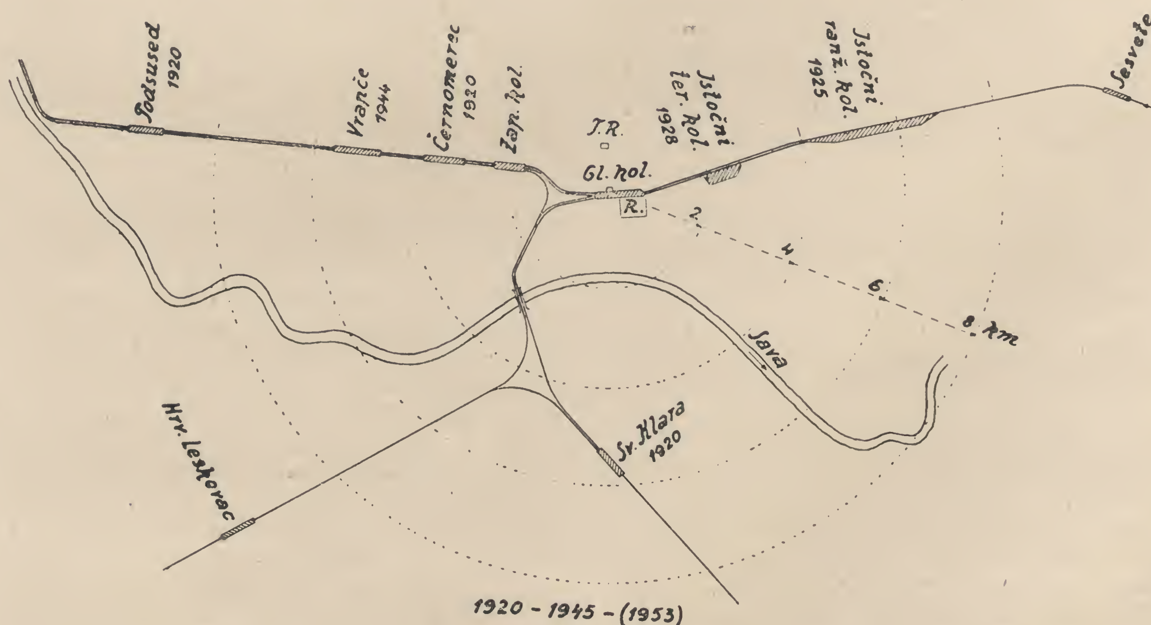
Poslije Prvog svjetskog rata, bivša se monarhija raspala u niz nasljednih država, među kojima je bila i Jugoslavija. Zadaci, smjerovi i intenzitet prometa postali su poslije god. 1918 u Jugoslaviji bitno različiti od onih, koji su postojali na tom području prije te godine. Perturbacije, koje je Prvi svjetski rat prouzrokovao i u gospodarskom životu, odrazile su se kod svih željezničkih uprava u svijetu također u vidu intenzivnijeg studija svih grana željezničke znanosti, pogotovo u cilju,da se sve poteškoće kod odvijanja povećanog prometa savladaju što manjim investicijama i općenito što manjim troškovima i izdacima. Nastala je parola: Prvo ekonomičnost! Nije se dakako ta parola odnosila samo na željeznice već i na sve ostale grane privrede, jer se osiromašenje, prouzrokovano

Prvim svjetskim ratom moglo savladati samo krajnjom racionalizacijom.

Tako se u to vrijeme razvio i intenzivan studij željezničkih kolodvora, studij funkcija njihovih postrojenja pojedinačno i u sklopu većih skupina — u željezničkim čvorištima. Prvi dio te znanosti obuhvaća razdiobu, svrhu i organizaciju pojedinih postrojenja, njihovo funkcioniranje pojedinačno i u međusobnom sklopu i, konačno, njihov odnos prema naseljima. Možemo ovaj prvi dio te znanosti nazvati »sistematikom«. Drugi dio te znanosti, nazovimo ga »analitikom«, još je u razvitku, jer su i njegovi elementi još u stalnom razvitku. Taj dio analizira kapacitet tih postrojenja, njihov međusobni odnos obzirom na kapacitet i mogućnosti koje se pružaju za povećanje kapaciteta naročito s pomoću modernih sigurnosnih uređaja u vezi s vremenskim studijama. Sve veće automatiziranje električnih sigurnosnih uređaja na pruzi dopušta uvođenje centralnog upravljanja prometa na čitavim pružnim potezima i do 100 kilometara i prijelaz na mješoviti pogon dvokolosječnih pruga, za razliku od dosada uobičajenog usmjerenog pogona. Isto tako automatiziranje ranžirskog pogona na velikim kolodvorima za razvrstavanje dopušta veliko povećanje njihova kapaciteta. U analitici igraju veliku ulogu i uredno vođene statistike, koje dopuštaju bar približno određivanje vjerojatne veličine prometa na temelju trendnog računa za čitav niz godina unaprijed i time pružaju mogućnost za ispravno dimenzioniranje odgovarajućih postrojenja u budućnosti. Dakako, te uredne statistike moraju se odnositi na dugi niz godina i uporabive su uz uvjet, da nisu nastupile neke velike perturbacije kao na pr. rat, koje iz osnove mijenjaju tendenciju i intenzitet prometa. To su principi, na kojima se mora temeljiti svaki projekt željezničkog čvorišta.

Kako sam već spomenuo, poslije Prvog svjetskog rata došlo je do takve perturbacije u intenzitetu i tendenciji prometa i u zagrebačkom željezničkom čvorištu. Dok je prije g. 1918 glavna prometna struja bila usmjerena u pravcu od sjeveroistoka prema jugozapadu (Budimpešta—Rijeka), a smjer jugoistok—sjeverozapad (Beograd—Zidani Most) bio je sporedan, poslije g. 1918 oba smjera dobivaju baš obratno značenje. Glavni smjer postaje Beograd—Novska—Sisak—Zagreb—Zidani Most. Izgradnjom drugog kolosijeka Beograd—Novska i preuređenjem pruge Novska—Dugoselo u prugu I reda opet se u zagrebačkom čvorištu mijenja glavni smjer, tako da postaje najvažnija relacija Beograd—Novska—Dugoselo—Zagreb — Zidani Most.

JŽ bila je već god. 1920 prisiljena povećati kapacitet pruge Sisak—Zidani Most ubacivanjem niza ukrsnica. Na području Zagreba su to ukrsnice Sv. Klara i Podsused, a kraj Južnog kolodvora bila je prinuđena da izgradi ranžirski kolodvor Černomerec (sl. 3). Situacija ni na istočnom dijelu čvorišta nije bila bolja. Bila je potrebna hitna pomoć, da ne bi došlo do zastoja u povećanom prometu. Prema idejnom projektu ondašnjeg šefa sekcije ing. V. Žakića trebalo je rasteretiti Glavni kolodvor izgradnjom posebnog istočnog ranžirskog kolodvora uz glavnu prugu kraj Čulinca (predan redovitom prometu g. 1925), izgradnjom posebne teretne spojne pruge Glavnog kolodvora s istočnim ranžirskim kolodvorom (predana prometu g. 1924), izgradnjom istočnog teretnog kolodvora u Heinzelovoj ulici (predan prometu g.1928) i industrijskog matičnjaka za industrije jugoisto-



Sl. 3. — Razvitak zagrebačkog željezničkog čvorišta u g. 1920—1953

čno od Glavnog kolodvora. Po tom projektu je Glavni kolodvor trebao ostati samo kao putnički kolodvor na starom mjestu, nakon što bi se sav teretni promet izdvojio od njega i odvijao u novim potrojenjima. Glavni kolodvor i putnička pruga na udaljenosti od oko 2,5 km na istok i zapad od njega trebali su po tom projektu biti podignuti iznad nivoa cesta, tako da bi bio moguć nesmetan cestovni prolaz ispod željezničkih postrojenja. Na daljnjim potezima pruga u tom čvorištu morale bi opet ceste na prijelazima preko pruga biti podignute tako, da bi se na obim prometnim putovima mogao odvijati nesmetano sav promet. Ta su projektiranja vršena dakako u suglasnosti sa svim mjerodavnim faktorima i interesentima kao i s njihovim odobrenjem.

U međuvremenu bila je g. 1924. JŽ podržavljena, što je olakšalo rad na uređenju čitavog čvorišta pod jedinstvenom upravom. Državni kolodvor postao je Glavni kolodvor i kao takav jedina dispoziciona stanica za sav putnički promet čvorišta.

Nakon uređenja teretnih postrojenja na istočnom dijelu čvorišta pristupilo se etapnom preuređenju putničkih postrojenja. Najprije se pristupilo podizanju pruge na odsjeku Glavni kolodvor—Zapadni kolodvor s podvožnjacima na Savskoj i Samoborskoj cesti, jer su ti putni prijelazi u nivou bili najveća smetnja odvijanju cestovnog prometa između sjevernog i južnog dijela grada.

U vrijeme dok su se te preinake vršile nije postojala gradska regulatorna osnova, iako se je njezina potreba sveopće jako osjećala. Intenzivna nastojanja da se donese takva regulatorna osnova trajala su preko 10 godina. Inicijativom i odlučnom intervencijom Udruženja jugoslavenskih inženjera i arhitekata sekcije Zagreb kod Poglavarstva grada Zagreba počeo je g. 1928 intenzivan rad na stvaranju te regulatorne osnove. Do raspisivanja natječaja za tu osnovu došlo je g. 1930. Međutim, državne željeznice nisu mogle čekati, da dođe do ostvarenja te osnove, već su morale svojom inicijativom u interesu željezničkog prometa postaviti svoj plan i početi ga izvoditi.

U vrlo temeljito razloženom programu za raspis natječaja bilo je izloženo željezničko pitanje i prvenstveno traženo njegovo rješenje. Na tom natječaju sudjelovala su 52 natjecatelja. Međutim, ni jedno rješenje nije zadovoljavalo u cijelosti stavljenim uvjetima, pa je bilo potrebno izraditi posebnu regulatornu osnovu na temelju sugestija dobivenih na natječaju. Pogotovo je to vrijedilo za željezničko čvorište. Na osnovu opširnog i temeljitog referata ing. P. Senjanovića, održanog na anketi Građevno-regulatornog odbora dne 18-X-1932 bio je g. 1934 izrađen poseban detaljni projekt »Žakić-Sinković«, koji je bio u sklopu s ostalom regulatornom osnovom usvojen i odobren g. 1940. Radi prostornog ograničenja nije mi moguće detaljnije razmatranje te osnove ni ostalih zbivanja oko tog problema prije 15 do 20 godina, pa upućujem sve one, koje bi ta pitanja podrobnije interesirala, na »Gradski Vjesnik« g. 1932, br. 18-20 (autor ing. P. Senjanović) i na »Tehnički list« g. 1934 br. 3 i 4 te g. 1937 br. 19 i 20, gdje autori prof. ing. Peterčić, ing. Žakić, ing. Sinković i prof. ing. Šen iznose historijat i svoje poglede na taj problem. Dakako, da je protiv te regulatorne osnove, a napose protiv uređenja željezničkog čvorišta kako ga predviđa taj projekt, uskrsao niz prigovora. Htio bih da se osvrnem samo na glavne.

Grad Zagreb postao je tako, da su se spojila dva utvrđena naselja Grič i Kaptol na posljednjim obroncima padina Medvednice, s tendencijom da se razvija prema jugu i tamo apsorbira manja suburbijalna naselja. Kada je g. 1870 bila postavljena pruga na potezu zapad—istok, grad još nije dostigao u svom razvitku tu liniju, već je bio na najbližem mjestu udaljen od nje nekoliko stotina metara. Kada se grad razvio, nekako oko g. 1900, do te linije, počeo se intenzivno razvijati na dužinu u smjeru zapad—istok, tako da je dobivao sve više oblik rastegnutog panonskog naselja. Ta nepoželjna pojava pripisivala se bez iznimke samo postojanju željeznice, koja je navodno tvorila neku barijeru razvitku grada u smjeru prema Savi. Ta je teza u prošla vremena bila tako jaka, da ima još i danas svoje pristalice. Ako si međutim želimo stvoriti ispravnu sliku te pojave, moramo uvažiti još i druge činjenice. Područje između željeznice i Save bilo je sve do prije dva decenija vrlo mačuhinski tretirano. Rijeka Sava, koja na području Zagreba prelazi iz šljunkonosne brdske rijeke u čisto dolinsku rijeku s malim padom, imala je tendenciju da na tom mjestu poplavljuje široko područje, jer nije bila regulirana, niti su postojali zaštitni nasipi, a niti su bili uređeni gradski odvodni kanali na svojim ušćima u Savu. Posljednja velika poplava u decembru g. 1923 poplavila je i Savsku cestu na udaljenost do 200 m od željezničkog putnog prijelaza. Svako naseljavanje na tom poplavnom području imalo je vrlo malo privlačnosti, to više, jer tamo nisu postojali ni uredni pristupni putovi, ni vodovod, ni kanalizacija, ni plin, ni elektrika, ni tramvaj. Radi nedostatka tih osnovnih preduvjeta za svako donekle uređeno gradsko naselje optuživati željeznicu svakako je apsurd. Najbolji protudokaz je u tome, što se počeo i taj predio grada razvijati posljednjih 15 do 20 godina vrlo povoljno, čim su bili uklonjeni ti nedostaci, a prvenstveno čim je bila uklonjena opasnost od poplava. Podizanjem svih pruga, koje se ukrštavaju sa Savskom i Samoborskom cestom bio je donijet jasan dokaz, da te pruge ni u najmanjoj mjeri ne mogu smetati razvitku Zagreba, isto tako, kako ne smetaju podignute pruge ni u ostalim gradovima u svijetu, a teza, da ipak smetaju, pravi je zagrebački specifikum. Danas se već i većina urbanista priklonila protivnoj tezi, da takve željezničke pruge

i postrojenja ne mogu smetati, a stvarno ni ne smetaju razvoju grada.

Slično gornjem protivljenju pružnom potezu zapad—istok postojalo je i postoji još i danas protivljenje potezu pruge, koji vodi od Glavnog kolodvora k jugu na Savski most. U vezi sa željezničkim projektom iz g. 1934 podignuta je i ta pruga do one visine, koja omogućava nesmetano provođenje svih putova ispod nje. Tom prilikom bio je g. 1938 izgrađen i novi, dvokolosječni željeznički most preko Save u čeličnoj konstrukciji sa tri otvora, koji omogućavaju mnogo bolje proticanje rijeke od onog, koje je dopuštao stari most, koji je bio nakon 76 godina upotrebe u cijelosti dotrajao, tako da je posljednji decenij dopuštao još samo laganu vožnju, što je bilo od velike štete za željeznički promet. Konačno, radijalne pruge, a pruga prema savskom mostu je radijalna pruga, mogu još manje smetati od transverzalnih, ako o nekom smetanju uopće može biti govora.

Nadalje postoje prigovori smještaju glavnog putničkog kolodvora na današnjem mjestu, pa i u podignutom položaju. Teza za premještaj tog kolodvora na neko drugo mjesto osniva se na najrazličitijim izvještačenim razlozima. U prvom se redu ističe, da tako glomazno postrojenje ne spada u sredinu grada. Kod toga ti prigovorači nemaju u vidu, da će se opseg današnjih postrojenja smanjiti ubuduće prema projektu na jednu trećinu. Nadalje se projektom predviđa na svakom kraju kolodvora cestovni spoj sjevernog s južnim dijelom grada, koji bi se proveo podvožnjacima u dužini od 80 m. Kritičari se boje, da bi postojala takoreći dva »tunela« koji bi bili toliko mračni, da bi bio smetan cestovni promet. Međutim, to ne stoji, jer ti bi podvožnjaci bili na svakih 14 m prekinuti u dužini od 5 m, tako da bi na cestovno tijelo dolazilo dovoljno svijetla. Što bi ti zabrinuti građani istom kazali u Milanu, gdje ispod ogromnog kolodvorskog tijela prolazi 5 podvožnjaka od po 200 metara dužine! Daljnji prigovor je u tome, da je pretprostor Glavnog kolodvora suviše malen za odvijanje cestovnog prometa i t. d. Fantastične su želje i prijedlozi, da se taj kolodvor premjesti na drugo mjesto, pa čak i preko Save, i to po mogućnosti u čeonom obliku. Međutim bi me raspravljanje o takvim laičkim, nestručnim i uskogrudnim pogledima dovelo predaleko; uostalom, već je u tom pogledu kazano sve što se može kazati u navedenom »Tehničkom listu« iz g. 1937. i »Gradskom vjesniku« iz g. 1932. Smatram da će taj kolodvor i u buduće ostati na svom dosadašnjem mjestu, koje je u svakom pogledu tako povoljno, da se jedva u kojem gradu može pronaći glavni putnički kolodvor s povoljnijim položajem.

Neposredno pred izbijanje II svjetskog rata bio je glavni kolodvor u g. 1941 moderniziran, i to provizorno za niz godina, dok se ne bi podigao na novi nivo. Taj provizorij traje danas već 12 godina. Ta modernizacija bila je nužna, jer je putnički promet, naročito međunarodni, na tom kolodvoru porasao u tolikoj mjeri, da se više nije mogao svladavati. Državne željeznice su odlučile, da ga preudese u kolodvor s otočnim peronima i pristupima s pomoću pothodnika i da se uvedu električni sigurnosni i postavni uređaji. Moram napomenuti, da Glavni kolodvor do tog vremena uopće nije imao postavnih uređaja, već se ta manipulacija na tako velikom kolodvoru vršila samo ručno, bez ikakve veze sa signalnim uređajima. Za stručnjaka to znači nevjerojatnu činjenicu. Tom preinakom Glavnog kolodvora dobili smo u Zagrebu jedini moderno uređen putnički kolodvor u zemlji. Pa i protiv tog provizornog uređenja bila je podignuta velika hajka i galama! Ali kolike sreće, da je to uređenje uspjelo još prije početka rata. Treba se sjetiti samo kolodvora u Ljubljani s putničkim pristupom kolskim garniturama opasnim po život i s još nemogućnijom prijamnom zgradom, starom preko 100 godina!

Za vrijeme rata u g. 1941 do 1945 radovi na uređivanju zagrebačkog čvorišta naravno da su prestali. Ali je okupatoru bilo stalo do toga, da podigne drugi kolosijek na relaciji Zagreb—Zidani Most. To mu je konačno uspjelo tek g. 1944, tako da nije imao puno koristi od tog rada. Sva je korist ostala nama jer smo konačno na tom potezu dobili dvokolosječnu prugu.

U vezi s tim radom okupator je izradio za svoje potrebe g. 1944 još daljnji ranžirski kolodvor u Vrapču.

Poslije rata situacija na zagrebačkom željezničkom čvorištu ostala je nepromijenjena sve do danas. Pojedina glavna postrojenja prikazana su u shematskoj slici 3.

2. Historijat čvorišta do godine 1953

Neprijatelj prilikom svog povlačenja g. 1945 nije ni jedan uređaj u tolikoj mjeri uništio i oštetio kao željezničke pruge i pripadna kolodvorska postrojenja.

Prve dvije godine poslije rata bile su i morale su biti posvećene prvenstveno popravku i uređenju porušenih željezničkih postrojenja. Tu se nije moglo odmah pitati, kakvo će biti buduće uređenje tih postrojenja; postajalo je samo pitanje, u kojem će se vremenu sve štete ispraviti, jer dnevni život zajednice morao je biti osiguran i u prometnom pogledu, pošto poto. Istom nakon provizornog popravka tih šteta moglo se pomišljati na daljnje planiranje.

Petogodišnjim planom bilo je predviđeno proširenje čitavog niza tvornica i novogradnji velikih kombinata na području Zagreba. Pošto se svi ti objekti nisu mogli do daljnjeg disponirati na području grada, a ni snabdjeti svim potrebnim instalacijama bez potrebnog direktivnog plana, to

je nastala potreba, da se donese regulatorna osnova za šire područje grada no što ga je obuhvatila stara osnova. Iz tog razloga bilo je potrebno i staru osnovu u mnogim pogledima revidirati. Međutim, do te osnove nije došlo odmah, već su se potrebne mjere poduzimale i vršila razmještanja samo ad hoc, što nije bilo uvijek baš uspješno. Ali je tendencija za donošenje nove osnove ostala, te se u tom pogledu razvila odmah početkom god. 1947 velika aktivnost. Kako prometni putovi tvore u svakoj regulatornoj osnovi dominantno pitanje, bilo je potrebno revidirati i plan željezničkog čvorišta i postaviti ga izvan užeg kruga stare osnove na neku širu bazu. Iz tog razloga bio sam zamoljen sa strane GNO i Uprave državnih željeznica da postavim za to željezničko čvorište shemu i kostur za njegovo buduće uređenje.

(Svršit će se)

DRVENE TLAČNE CIJEVI

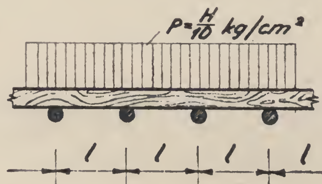
Ing. Milan Šinkovec, Zagreb

(Nastavak)

Statički račun

Naponi na savijanje se kod kontinuiranih cijevi obično zanemaruju, ukoliko se vodovi polažu podzemno. Njihov utjecaj može međutim dovesti do loma cijevi, ako se to nije uzelo u obzir prikladnim mjerama pri polaganju. Napomenuli smo, da cijevi od dužica ne podnose veće vanjske tlakove od nasute zemlje. One se ponašaju kao svod, i pri većem opterećenju mogu se raspasti. Bitno je za sigurnost takvih vodova, da se kod zasipavanja jarka dobro nabije posteljica ispod i pored cijevi, do polovice njene visine.

Prema F. Schmitt-u mogu se dužice smatrati kao kontinuirane grede preko više od pet oslonaca. Pri proračunu debljine stijenke cijevi promatramo



podužnu lamelu dužice širine 1 cm. Ta lamela izračunava se dakle kao kontinuirani nosač, koji se oslanja na pet čeličnih obruča, a opterećen je tlakom vode H.

Pri tom računu se uzima:

nutarnji pogonski tlak H u m,

tlak vode $p = \frac{H}{10}$ u kg/cm²,

debljina stijenke (dužice) δ u cm,

$$M = 0{,}106\, p\, l^2 = \sigma \frac{\delta^2}{6} \text{ (u kg} \cdot \text{cm)},$$

l je rastojanje obruča u cm, a σ dopušteni napon drveta za savijanje. Taj napon, s obzirom na njegovo stalno, neprekidno djelovanje i na potpunu zasićenost drveta vodom, ne smije se uzeti veći od 50 kg/cm².

Debljina stijenke se dobiva po obrascu

$$\delta = 0{,}8\, l \; \frac{p}{\sigma} = 0{,}253\, l \; \frac{H(m)}{\sigma} \text{ (u cm).}$$

Kao minimalna debljina dužice uzima se iz praktičkih razloga 2,5 cm. Pri tanjim stijenkama nastala bi prevelika filtracija vode kroz pore drveta.

Primjer.

Za pogonski tlak H = 60 m i l = 15 cm je

$$\delta = 0{,}8.15 \; \frac{60}{10 \cdot 50} = 4{,}2 \text{ cm}$$

Tako izračunata debljina povećava se zbog oštećivanja dužica od čeličnih obruča i djelovanja mikroorganizama na drvo. Ustanovljeno je naime, da se obruči prilikom pritezanja usijecaju u dužice, dok luk nalijeganja iznosi, prema vrsti drveta, oko 60° — 90°. Za cijevni vod oslonjen na potporama uzima se pri statičkom računu u obzir i savijanje.

Pri izračunavanju čeličnih obruča mora se uzeti u obzir nekoliko činjenica. Spomenuto je, da ugrađene suhe dužice nabubre nakon prvog punjenja cijevnog voda vodom. U zavodu za ispitivanje materijala pri Tehničkom fakultetu u Stokholmu ustanovljeno je, da je potreban pritisak od 10 kg/cm². Po najnovijim ispitivanjima može se pri računu čeličnih obruča uzeti pritisak od bubrenja dužica sa q = 8 kg/cm², podjednako raspodijeljen na bočnim plohama dužica. Nadalje dolazi u obzir prednaprezanje obruča. Do tog prednaprezanja dolazi zbog pritezanja obruča pri montaži cijevi.

To je potrebno, da bi se dužice mogle spajati i montirati, tako da u dovoljnoj mjeri prionu jedna uz drugu prije punjenja cijevnog voda vodom. Tim prednaprezanjem i kasnijim bubrenjem dužica postizava se nepropusnost za vodu odnosno brtvenje uzdužnih reški dužica. Drvo bubri u poprečnom smjeru na pravac vlakanaca do 6%, u podužnom smjeru za 0,018%. Veličina prednaprezanja ovisi o vještini montera i teško se može brojčano obuhvatiti.

Ako označimo sa q pritisak bubrenja drveta u kg/cm², sa D čisti promjer cijevi u cm, onda jedan obruč prima

silu od pritiska bubrenja drveta

$$Q = \delta\, l\, q \quad \text{u kg},$$

silu od unutarnjeg pogonskog tlaka vode

$$P = \frac{l\, D\, p}{2} \quad \text{u kg}$$

i silu od prednaprezanja zbog pritezanja obruča prije punjenja cijevnog voda

$$T \quad \text{u kg}$$

Potrebni presjek čeličnog obruča u jezgru vijka je

$$F = \frac{1}{\sigma_k}\left(\delta\, l\, q + \frac{l\, D\, p}{2} + T\right) \text{ u cm}^2.$$

Ako se prednaprezanje ne uzima u obzir, onda se dopušteni vlačni napon čeličnog obruča mora uzeti s najviše σ_k = 800 kg/cm², inače sa 1200 kg/cm².

Kod izračunavanja dimenzija obruča treba imati u vidu dva faktora: njihov promjer d i razmak l. Kako jedan ovisi o drugom, usvaja se jedan od njih. Uobičajeno je da se prvo usvoji d, pa onda odredi l.

Vlačna sila obruča je

$$S = \frac{\pi\, d^2}{4}\, \sigma_k.$$

Ako se usvoji sa d/2 širina luka nalijeganja obruča, do kojeg je došlo zbog njegovog usijecanja u drvo, onda je naprezanje drveta ispod čeličnog obruča

$$\sigma = \frac{2\, S}{d\left(\frac{D}{2} + \delta\right)}.$$

Zamjenjujući silu S njezinom vrijednosti, dobijamo

$$\sigma = \frac{\pi\, d\, \sigma_k}{D + 2\,\delta} \geqq 50 \text{ kg/cm}^2.$$

Iz tog izraza dobija se maksimalni promjer obruča

$$d \leqq \frac{\sigma\,(D + 2\sigma)}{\pi\, \sigma_k}.$$

Ako se usvoji dopušteni napon za čelični obruč sa σ_k = 1200 kg/cm² i σ = 50 kg/cm², onda je

$$d = \frac{D + \delta}{24\,\pi} \sim \frac{D}{75}.$$

Za σ_k = 800 kg/cm² i σ = 50 kg/cm² je

$$d \leqq \frac{D + 2\delta}{16\,\pi} \sim \frac{D}{50}.$$

Po Morozovu može se za spomenuto prednaprezanje pretpostaviti, da je 1,5 puta veće od izračunatog naprezanja zbog nutarnjeg pogonskog tlaka vode, t. j. 1,5 p.

Prema tome, prije punjenja cijevnog voda mora se obruč zategnuti silom

$$1{,}5\; p\; \delta\; l.$$

Nakon punjenja cijevnog voda vodom obruč se još opterećuje silom od unutarnjeg tlaka vode

$$\frac{p\, D\, l}{2}.$$

Ukupna vlačna sila u obruču mora zadovoljiti uslov

$$\frac{p\, D\, l}{2} + 1{,}5\, \delta\, l = \frac{\pi\, d^2}{4}\, \sigma_k.$$

Odatle se dobiva izraz za rastojanje obruča

$$\text{(a)} \qquad l \leqq \frac{\pi\, d^2\, \sigma_k}{2p\,(D + 3\,\delta)}.$$

Osim toga se obruči provjeravaju za silu, koju uzrokuje bubrenje dužica. Naprezanje od bubrenja, koje djeluje na dodirnim stranama dužice, uzima se sa q = 8 kg/cm².

Prema tome je vlačna sila u obruču od unutarnjeg tlaka vode i bubrenja dužica:

$$\frac{p\, D\, l}{2} + 8\, \delta\, l = \frac{\pi\, d^2}{4}\, \sigma_k.$$

Odatle se dobija izraz za maksimalno rastojanje obruča

(b) $$l \leqq \frac{\pi\, d^2\, \sigma_k}{2\,(p\, D + 16\,\delta)}.$$

Po formuli (a) dobiva se manja vrijednost za rastojanje l, ako je $p > 5{,}3\ kg/cm^2$, dok se pri $p < 5{,}3\ kg/cm^2$ dobiva manja vrijednost za l po formuli (b).

Naprezanje od bubrenja dužica značajno je samo u prvo vrijeme nakon punjenja cijevnog voda; kasnije se ono smanjuje.

Prema amerikanskim autorima je:

rastojanje obruča $l = 22\,\frac{h}{3H}$ u m, gdje je

h = debljina dužice u mm, H = tlak vode u m,

debljina dužice $h = \frac{D\,H}{2{,}07}$ u mm, D = nutarnji promjer cijevi u m.

Prema V. G. Osadčijevu je:

$$l = \frac{10\,h}{3A} = \text{mm, gdje je}$$

h = debljina dužice u mm, A = tlak vode u atm i

$$h = 0{,}707\; l\,\frac{A}{\sigma} = 0{,}1\; l\; A \text{ u cm, gdje je}$$

l = rastojanje obruča u cm, σ = dopušteno naprezanje za drvo = 50 kg/cm^2, A = nutarnji pogonski tlak vode u atm.

Kao što je već rečeno, veća odstojanja obruča od 15—25 cm (u ovisnosti o debljini dužica) ne dopuštaju se, makar ih i dobili statičkim računom, jer se dužice savijaju, pa podužne reške propuštaju vodu. Prema tome, ako bi se po računu moglo usvojiti veće odstojanje, bolje je uzeti manji promjer i manji razmak obruča. Najmanje rastojanje obruča ograničeno je širinom papuča.

Činjenice, da se veći promjeri obruča od 30 mm ne upotrebljavaju iz poznatih razloga, te da se oni ne mogu staviti u premalim razmacima, dovode do toga, da granična vrijednost produkta vlaka vode i promjera cijevi, izraženog u m, ne može prijeći vrijednost od 180—200, t. j.

$$D\,H \leqq 180 - 200.$$

Tim uvjetom ograničuje se upotreba cijevnih vodova velikih promjera pri visokim pogonskim tlakovima.

Primjer. cijevni vod ⌀ 5.5 m može se upotrebiti najviše do tlaka od

$$H = \frac{200}{5{,}5} = 36 \text{ m.}$$

Kod malih promjera drveni se cijevni vodovi mogu primijeniti do tlakova 60 — 80 m; pri sasvim malim promjerima može se ići nešto preko tih tlakova.

Postoje međutim praktični i ekonomski razlozi, koji ograničavaju nutarnje pogonske tlakove

Kontinuirani vodovi malih promjera teže se sastavljaju nego vodovi većih promjera. U vezi s time je kvalitet izrade tih vodova lošiji od kvaliteta većih promjera. S obzirom na tu činjenicu, dakle iz praktičkih razloga, ne preporučuje se, da se u vodovima manjih promjera puste mnogo veći vlakovi nego u vodovima većih promjera, što je suprotno teoretskim mogućnostima.

Kako s druge strane sav utrošak metala ovisi o unutarnjem pogonskom tlaku, možemo iz ekonomskih razloga ići na visoke tlakove,koji su dopušteni sa teoretskog gledišta. Time bi ovi vodovi izgubili svoju ekonomičnost, i sam smisao njihove primjene.

Kod cijevnih vodova, koji su pod malim pogonskim tlakom vode, obruči se beskorisno napreżu zbog bubrenja dužica. Na takovim potezima cijevnog voda, gdje vlada mali nutarnji tlak, pristupa se rasterećivanju obruča: oni se popuštaju u onoj mjeri u kojoj je drvo nabubrilo.

Primjena.

Kontinuirani se vodovi mogu primijeniti kao glavne dovodne cijevi za opskrbu vodom naseljenih mjesta ili većih tvornica. Zatim se upotrebljavaju kao sifoni pri prijelazu dolina kod velikih melioracionih kanala. U novije vrijeme upotrebljavaju se ovi vodovi kod ušća glavnih kolektora gradskih kanalizacija kao podvodni vodovi, kojim se otpadne vode odvode od obale dalje u rijeku, jezero ili more. Najčešće se, međutim, oni primjenjuju kao derivacioni vodovi hidroelektrana, gdje se obično radi o velikim količinama vode pri malim tlakovima.

Kontinuirani se vodovi kao i svi ostali drveni cijevni vodovi mogu upotrebiti u specijalnim slučajevima, ako udovolje svim tehničkim i ekonomskim uvjetima uspoređuju s vodovima od metalnih, azbestcementnih i armiranih betonskih cijevi. To je najčešće slučaj u zemljama i krajevima sa bogatim, neiskorišćenim šumama i teškim transportnim uvjetima, gdje postoje tvornice za izradu dužica, izvježbano radništvo i iskusni monteri.

III. Hidraulično tlačno ispitivanje drvenih cijevnih vodova

Nakon potpunog dovršenja montaže cijevnog voda pristupa se njegovom punjenju vodom. Pu-

Gubitak tlaka u drvenim cijevima
po formuli Scobeya $i = 0{,}000885 \frac{V^{1,8}}{D^{1,17}}$

Pad		⌀ 40mm		⌀ 50mm		⌀ 60mm		⌀ 80mm	
		Q l/sek	V m/sek	Q l/sek	V m/sek	Q l/sek	V m/sek	Q l/sek	V m/sek
1:10	0,10000	2,15	1,71	3,87	1,97	6,27	2,22	13,46	2,68
1:15	0,06667	1,71	1,36	3,08	1,57	5,00	1,77	10,75	2,14
1:20	0,05000	1,46	1,16	2,63	1,34	4,27	1,51	9,14	1,82
1:25	0,04000	1,26	1,00	2,34	1,19	3,76	1,33	8,09	1,61
1:30	0,03333	1,17	0,93	2,10	1,07	3,42	1,21	7,28	1,45
1:35	0,02860	1,07	0,85	1,92	0,98	3,14	1,11	6,73	1,34
1:40	0,02500	0,99	0,79	1,79	0,91	2,91	1,03	6,23	1,24
1:45	0,02222	0,93	0,74	1,68	0,86	2,71	0,96	5,83	1,16
1:50	0,02000	0,88	0,70	1,59	0,81	2,57	0,91	5,48	1,09
1:60	0,01666	0,79	0,63	1,43	0,73	2,32	0,82	4,97	0,99
1:70	0,01420	0,73	0,58	1,31	0,67	2,12	0,75	4,57	0,91
1:80	0,01250	0,68	0,54	1,22	0,62	1,98	0,70	4,22	0,84
1:90	0,01111	0,63	0,50	1,14	0,58	1,85	0,66	3,97	0,79
1:100	0,01000	0,59	0,47	1,08	0,55	1,75	0,62	3,72	0,74
1:125	0,00800	0,53	0,42	0,94	0,48	1,50	0,53	3,32	0,66
1:150	0,00667	0,48	0,38	0,88	0,45	1,38	0,49	2,96	0,59
1:175	0,00571	0,44	0,35	0,79	0,40	1,27	0,45	2,76	0,55
1:200	0,00500	0,40	0,32	0,73	0,37	1,19	0,42	2,56	0,51
1:225	0,00444	0,38	0,30	0,69	0,35	1,10	0,39	2,36	0,47
1:250	0,00400	0,35	0,28	0,65	0,33	1,05	0,37	2,26	0,45
1:275	0,00364	0,34	0,27	0,61	0,31	0,99	0,35	2,11	0,42
1:300	0,00333	0,33	0,26	0,59	0,30	0,95	0,34	2,01	0,40
1:325	0,00308	0,32	0,25	0,56	0,29	0,90	0,32	1,96	0,39
1:350	0,00285	0,30	0,24	0,53	0,27	0,88	0,31	1,86	0,37
1:375	0,00267	0,29	0,23	0,51	0,26	0,85	0,30	1,81	0,36
1:400	0,00250	0,28	0,22	0,49	0,25	0,82	0,29	1,71	0,34
1:425	0,00235	0,27	0,21	0,48	0,25	0,79	0,28	1,66	0,33
1:450	0,00222	0,26	0,21	0,47	0,24	0,76	0,27	1,61	0,32
1:475	0,00210	0,25	0,20	0,45	0,23	0,73	0,26	1,56	0,31
1:500	0,00200	0,24	0,19	0,43	0,22	0,71	0,25	1,51	0,30
1:550	0,00182	0,23	0,18	0,42	0,21	0,68	0,24	1,46	0,29
1:600	0,00167	0,22	0,18	0,40	0,20	0,65	0,23	1,38	0,28
1:650	0,00154	0,21	0,17	0,38	0,19	0,62	0,22	1,31	0,26
1:700	0,00143	0,20	0,16	0,37	0,19	0,59	0,21	1,26	0,25
1:750	0,00133	0,20	0,16	0,35	0,18	0,57	0,20	1,21	0,24
1:800	0,00125	0,19	0,15	0,34	0,17	0,54	0,19	1,18	0,23
1:850	0,00117	0,18	0,14	0,33	0,17	0,53	0,19	1,14	0,23
1:900	0,00111	1,18	0,14	0,32	0,16	0,51	0,18	1,10	0,22
1:950	0,00105	0,17	0,14	0,31	0,16	0,50	0,18	1,07	0,21
1:1000	0,00100	0,17	0,13	0,30	0,15	0,49	0,17	1,04	0,21
1:1100	0,00091	0,16	0,13	0,29	0,15	0,46	0,16	0,98	0,20
1:1200	0,00083	0,15	0,12	0,27	0,14	0,44	0,16	0,93	0,19
1:1300	0,00077	0,14	0,11	0,26	0,13	0,42	0,15	0,90	0,18
1:1400	0,00071	0,14	0,11	0,25	0,13	0,40	0,14	0,86	0,17
1:1500	0,00067	0,13	0,11	0,24	0,12	0,39	0,14	0,83	0,17
1:1600	0,00062	0,13	0,10	0,23	0,12	0,37	0,13	0,80	0,16
1:1700	0,00059	0,12	0,10	0,22	0,11	0,36	0,13	0,77	0,15
1:1800	0,00056	0,12	0,10	0,22	0,11	0,35	0,13	0,75	0,15
1:1900	0,00053	0,12	0,09	0,21	0,11	0,34	0,12	0,73	0,15
1:2000	0,00050	0,11	0,09	0,20	0,10	0,33	0,12	0,71	0,14

Gubitak tlaka u drvenim cijevima
po formuli Scobeya $i = 0{,}000885 \frac{V^{1,8}}{D^{1,17}}$

Pad		⌀ 100 mm		⌀ 125 mm		⌀ 150 mm		⌀ 175 mm	
		Q l/sek	V m/sek	Q l/sek	V m/sek	Q l/sek	V m/sek	Q l/sek	V m/sek
1:10	0,10000	24,26	3,09	43,91	3,58	71,18	4,03	107,0	4,45
1:15	0,06667	19,39	2,47	35,08	2,86	56,87	3,22	85,3	3,55
1:20	0,05000	16,56	2,11	29,81	2,43	48,40	2,74	72,8	3,03
1:25	0,04000	14,60	1,86	26,37	2,15	42,74	2,42	64,4	2,68
1:30	0,03333	13,19	1,68	23,80	1,94	38,68	2,19	58,2	2,42
1:35	0,02860	12,09	1,54	21,83	1,78	35,50	2,01	53,4	2,22
1:40	0,02500	11,23	1,43	20,36	1,66	32,85	1,86	49,5	2,06
1:45	0,02222	10,52	1,34	19,01	1,55	30,91	1,75	46,4	1,93
1:50	0,02000	9,97	1,27	17,91	1,46	29,14	1,65	43,8	1,82
1:60	0,01666	8,95	1,14	16,19	1,32	26,32	1,49	39,7	1,65
1:70	0,01420	8,24	1,05	14,84	1,21	24,02	1,36	36,3	1,51
1:80	0,01250	7,61	0,97	13,86	1,13	22,43	1,27	33,7	1,40
1:90	0,01111	7,14	0,91	13,00	1,06	21,02	1,19	31,5	1,31
1:100	0,01000	6,75	0,86	12,27	1,00	19,78	1,12	29,8	1,24
1:125	0,00800	5,97	0,76	10,79	0,88	17,49	0,99	26,2	1,09
1:150	0,00667	5,42	0,69	9,69	0,79	15,72	0,89	23,8	0,99
1:175	0,00571	4,95	0,63	8,95	0,73	14,48	0,82	21,9	0,91
1:200	0,00500	4,63	0,59	8,34	0,68	13,42	0,76	20,2	0,84
1:225	0,00444	4,32	0,55	7,73	0,63	12,54	0,71	19,0	0,79
1:250	0,00400	4,08	0,52	7,36	0,60	11,83	0,67	17,8	0,74
1:275	0,00364	3,85	0,49	6,99	0,57	11,30	0,64	17,1	0,71
1:300	0,00333	3,69	0,47	6,62	0,54	10,77	0,61	16,1	0,67
1:325	0,00308	3,53	0,45	6,38	0,52	10,2[illegible]	0,58	15,4	0,64
1:350	0,00285	3,38	0,43	6,13	0,50	9,89	0,56	14,9	0,62
1:375	0,00267	3,22	0,41	5,89	0,48	9,54	0,54	14,2	0,59
1:400	0,00250	3,14	0,40	5,64	0,46	9,18	0,52	13,7	0,57
1:425	0,00235	3,02	0,39	5,52	0,45	8,83	0,50	13,2	0,55
1:450	0,00222	2,90	0,37	5,27	0,43	8,65	0,49	13,0	0,54
1:475	0,00210	2,83	0,36	5,15	0,42	8,30	0,47	12,5	0,52
1:500	0,00200	2,75	0,35	5,03	0,41	8,12	0,46	12,3	0,51
1:550	0,00182	2,59	0,33	4,78	0,39	7,60	0,43	11,5	0,48
1:600	0,00167	2,51	0,32	4,54	0,37	7,24	0,41	11,1	0,46
1:650	0,00154	2,36	0,30	4,29	0,35	7,07	0,40	10,6	0,44
1:700	0,00143	2,28	0,29	4,17	0,34	6,71	0,38	10,1	0,42
1:750	0,00133	2,20	0,28	3,93	0,32	6,54	0,37	9,62	0,40
1:800	0,00125	2,12	0,27	3,80	0,31	6,18	0,35	9,38	0,39
1:850	0,00117	2,04	0,26	3,68	0,30	6,01	0,34	9,14	0,38
1:900	0,00111	1,96	0,25	3,56	0,29	5,83	0,33	8,90	0,37
1:950	0,00105	1,93	0,25	3,50	0,29	5,65	0,32	8,41	0,35
1:1000	0,00100	1,88	0,24	3,40	0,28	5,48	0,31	8,17	0,34
1:1100	0,00091	1,78	0,23	3,23	0,26	5,23	0,30	7,93	0,33
1:1200	0,00083	1,70	0,22	3,07	0,25	4,96	0,28	7,45	0,31
1:1300	0,00077	1,62	0,21	2,94	0,24	4,77	0,27	7,21	0,30
1:1400	0,00071	1,55	0,20	2,81	0,23	4,56	0,26	6,85	0,29
1:1500	0,00067	1,51	0,19	2,72	0,22	4,43	0,25	6,64	0,28
1:1600	0,00062	1,44	0,18	2,60	0,21	4,22	0,24	6,35	0,26
1:1700	0,00059	1,41	0,18	2,54	0,21	4,12	0,23	6,18	0,26
1:1800	0,00056	1,37	0,17	2,47	0,20	3,99	0,23	6,01	0,25
1:1900	0,00053	1,32	0,17	2,39	0,20	3,87	0,22	5,82	0,24
1:2000	0,00050	1,28	0,16	2,31	0,19	3,74	0,21	5,65	0,24

njenje se vrši polako i postepeno. Tlak na najnižem dijelu cijevnog voda smije se povisiti najviše za 3 m na dan. Početni gubici vode kroz reške isprva su dosta veliki. Oni se smanjuju u ovisnosti o bubrenju dužica. Nakon punjenja cijevnog voda mora se provjeriti stepen zategnutosti svih obručeva. Tom prilikom se pritežu slabo zategnuti, a popuste prejako zategnuti obruči. Na mjestima, koja propuštaju vodu na uzdužnim reškama dužica, treba po Krigerovim uputama nabiti klin od mekog drveta. Takovi se nedostaci mogu ukloniti još i ovako: Paralelno s reškom, koja propušta vodu, učini se dlijetom u dužici prorez, koji počinje i završava 15—20 cm prije i poslije mjesta gdje voda prodire. U njega se nabija široka zaoštrena lamela od suhog drveta. Ta se lamela zabija do ½ debljine dužice. Kad lamela nabubri, pritisne bok dužice uz susjednu, pa se povrbitna otvorena reška zatvori. Šupeliti reške nije ispravno. Time bi se gubici vode samo povećali.

Gubici vode na spojevima raščlanjenih vodova veoma se teško smanjuju. Pogotovo, ako su spojevi izvedeni na čep. Ukoliko se ti gubici ne mogu smanjiti na jednostavniji način, treba preko takvog spoja montirati spojnicu od dužica sa obručima.

Punjenje cijevnog voda traje, uz stalno nadolijevanje, sve dotle, dok su dužice nabubrile u toj mjeri, da nema nigdje vidljivih gubitaka vode. Nakon punjenja, mora se cijevni vod »močiti« još najmanje kroz 10 dana.

Poslije tog »močenja« cijevnog voda ostaju još takozvani stalni gubici vode, koji su karakteristični za sve drvene cijevne vodove. Ti gubici nastaju uslijed prodiranja vode kroz pore dužica kao i djelomično od neizbježivih gubitaka na spojevima (naročito kod raščlanjenih vodova).

Prema raznim amerikanskim, njemačkim i ruskim autorima može se cijevni vod smatrati ispravnim, ako se pri hidrauličkoj tlačnoj probi utvrde ove granične vrijednosti gubitaka:

q_1 = 1 400—1 500 litara za 1 dan na 1 dm promjera cijevi, po 1 km duljine voda pri tlaku od 1 atm;

q_2 = 280 litara za 1 dan na 1 cm promjera cijevi po 1 km duljine pri tlaku od 1 atm;

Gubitak tlaka u drvenim cijevima
po formuli Scobeya $i = 0,000885 \frac{V^{1,8}}{D^{1,17}}$

Pad		⌀ 200 mm		⌀ 225 mm		⌀ 250 mm		⌀ 300 mm	
		Q l/sek	V m/sek	Q l/sek	V m/sek	Q l/sek	V m/sek	Q l/sek	V m/sek
1:10	0,10000	152,7	4,86	208,2	5,24	275,2	5,61	446,5	6,32
1:15	0,06667	121,9	3,88	166,5	4,19	219,8	4,48	356,8	5,05
1:20	0,05000	103,7	3,30	141,9	3,57	187,4	3,82	303,8	4,30
1:25	0,04000	91,7	2,92	125,2	3,15	165,3	3,37	268,5	3,80
1:30	0,03333	82,9	2,64	113,3	2,85	149,6	3,05	242,3	3,43
1:35	0,02860	76,0	2,42	104,1	2,62	137,4	2,80	222,5	3,15
1:40	0,02500	70,7	2,25	95,6	2,43	127,6	2,60	207,0	2,93
1:45	0,02222	66,3	2,11	90,2	2,27	119,2	2,43	193,6	2,74
1:50	0,02000	62,5	1,99	85,0	2,14	112,8	2,30	182,3	2,58
1:60	0,01666	56,2	1,79	77,1	1,94	101,6	2,07	165,3	2,34
1:70	0,01420	51,5	1,64	70,3	1,77	93,2	1,90	151,2	2,14
1:80	0,01250	48,1	1,53	65,6	1,65	86,8	1,77	140,6	1,99
1:90	0,01111	44,9	1,43	61,6	1,55	81,4	1,66	131,4	1,86
1:100	0,01000	42,4	1,35	58,0	1,46	76,5	1,56	124,3	1,76
1:125	0,00800	37,4	1,19	51,3	1,29	67,7	1,38	109,5	1,55
1:150	0,00667	33,9	1,08	46,1	1,16	61,3	1,25	98,9	1,40
1:175	0,00571	31,1	0,99	42,5	1,07	55,9	1,14	91,1	1,29
1:200	0,00500	28,9	0,92	39,3	0,99	52,0	1,06	84,8	1,20
1:225	0,00444	27,0	0,86	37,0	0,93	48,6	0,99	79,1	1,12
1:250	0,00400	25,4	0,81	35,0	0,88	46,1	0,94	74,9	1,06
1:275	0,00364	24,2	0,77	33,0	0,83	43,7	0,89	70,7	1,00
1:300	0,00333	22,9	0,73	31,4	0,79	41,7	0,85	67,1	0,95
1:325	0,00308	22,0	0,70	30,2	0,76	39,7	0,81	64,3	0,91
1:350	0,00285	21,0	0,67	29,0	0,73	38,3	0,78	62,2	0,88
1:375	0,00267	20,4	0,65	27,8	0,70	36,8	0,75	59,3	0,84
1:400	0,00250	19,8	0,63	27,0	0,68	35,3	0,72	57,2	0,81
1:425	0,00235	18,8	0,60	25,8	0,65	34,3	0,70	55,8	0,79
1:450	0,00222	18,5	0,59	25,0	0,63	33,4	0,68	53,7	0,76
1:475	0,00210	17,9	0,57	24,2	0,61	32,4	0,66	52,3	0,74
1:500	0,00200	17,3	0,55	23,8	0,60	31,4	0,64	49,5	0,70
1:550	0,00182	16,3	0,52	22,7	0,57	29,9	0,61	48,0	0,68
1:600	0,00167	15,7	0,50	21,5	0,54	28,5	0,58	45,9	0,65
1:650	0,00154	15,1	0,48	20,7	0,52	27,0	0,55	43,8	0,62
1:700	0,00143	14,5	0,46	19,9	0,50	26,0	0,53	42,4	0,60
1:750	0,00133	13,8	0,44	19,1	0,48	25,0	0,51	40,3	0,57
1:800	0,00125	13,5	0,43	18,3	0,46	24,0	0,49	38,9	0,55
1:850	0,00117	12,9	0,41	17,5	0,44	23,1	0,47	37,4	0,53
1:900	0,00111	12,6	0,40	17,1	0,43	22,6	0,46	36,7	0,52
1:950	0,00105	12,3	0,39	16,7	0,42	22,1	0,45	35,3	0,50
1:1000	0,00100	11,9	0,38	16,3	0,41	21,1	0,43	34,6	0,49
1:1100	0,00091	11,3	0,36	15,5	0,39	20,1	0,41	32,5	0,46
1:1200	0,00083	10,7	0,34	14,7	0,37	19,1	0,39	31,1	0,44
1:1300	0,00077	10,2	0,33	13,9	0,35	18,6	0,38	29,7	0,42
1:1400	0,00071	9,77	0,31	13,5	0,34	17,7	0,36	28,3	0,40
1:1500	0,00067	9,46	0,30	12,9	0,33	17,2	0,35	27,6	0,39
1:1600	0,000,62	9,05	0,29	12,4	0,31	16,2	0,33	26,5	0,38
1:1700	0,00059	8,80	0,28	12,0	0,30	15,9	0,32	25,8	0,37
1:1800	0,00056	8,54	0,27	11,7	0,29	15,5	0,32	25,1	0,36
1:1900	0,00053	8,29	0,26	11,3	0,29	15,0	0,31	24,3	0,34
1:2000	0,00050	8,04	0,26	11,0	0,28	14,5	0,30	23,5	0,33

Gubitak tlaka u drvenim cijevima
po formuli Scobeya $i = 0,000885 \frac{V^{1,8}}{D^{1,17}}$

Pad		⌀ 350 mm		⌀ 400 mm		⌀ 450 mm		⌀ 500 mm	
		Q l/sek	V m/sek	Q l/sek	V m/sek	Q l/sek	V m/sek	Q l/sek	V m/sek
1:10	0,10000	672,2	6,99	957,1	7,62	1308,3	8,23	1729,0	8,81
1:15	0,06667	536,6	5,58	760,6	6,08	1044,4	6,57	1379,6	7,03
1:20	0,05000	456,8	4,75	650,6	5,18	890,2	5,60	1175,5	5,99
1:25	0,04000	403,9	4,20	575,2	4,58	785,3	4,94	1038,2	5,29
1:30	0,03333	364,5	3,79	520,0	4,14	710,6	4,47	938,1	4,78
1:35	0,02860	336,5	3,49	477,3	3,80	651,7	4,10	861,5	4,39
1:40	0,02500	310,6	3,23	443,4	3,53	605,6	3,81	800,7	4,08
1:45	0,02222	291,4	3,03	414,5	3,30	567,5	3,57	749,7	3,82
1:50	0,02000	275,0	2,86	391,9	3,12	534,1	3,36	706,5	3,60
1:60	0,01666	248,1	2,58	354,2	2,82	483,2	3,04	637,8	3,25
1:70	0,01420	226,9	2,36	324,0	2,58	441,9	2,78	584,8	2,98
1:80	0,01250	211,6	2,20	301,4	2,40	411,7	2,59	543,6	2,77
1:90	0,01111	198,1	2,06	282,6	2,25	386,3	2,43	510,3	2,60
1:100	0,01000	186,6	1,94	266,3	2,12	364,0	2,29	480,8	2,45
1:125	0,00800	165,4	1,72	234,9	1,87	321,1	2,02	425,9	2,17
1:150	0,00667	149,1	1,55	212,3	1,69	290,9	1,83	384,7	1,96
1:175	0,00571	136,6	1,42	194,7	1,55	267,1	1,68	353,3	1,80
1:200	0,00500	126,9	1,32	180,9	1,44	248,0	1,56	327,7	1,67
1:225	0,00444	119,2	1,24	169,6	1,35	232,1	1,46	306,2	1,56
1:250	0,00400	112,5	1,17	159,5	1,27	219,4	1,38	288,5	1,47
1:275	0,00364	106,7	1,11	152,0	1,21	208,2	1,31	274,8	1,40
1:300	0,00333	101,9	1,06	144,4	1,15	197,1	1,24	261,0	1,33
1:325	0,00308	97,1	1,01	138,2	1,10	189,2	1,19	249,2	1,27
1:350	0,00285	93,3	0,97	133,1	1,06	181,2	1,14	239,4	1,22
1:375	0,00267	89,4	0,93	128,1	1,02	174,9	1,10	231,6	1,18
1:400	0,00250	86,5	0,90	123,1	0,98	168,5	1,06	221,8	1,13
1:425	0,00235	83,7	0,87	119,3	0,95	162,1	1,02	215,9	1,10
1:450	0,00222	80,8	0,84	115,6	0,92	157,4	0,99	208,0	1,06
1:475	0,00210	78,9	0,82	111,8	0,89	152,6	0,96	202,1	1,03
1:500	0,00200	76,9	0,80	109,3	0,87	149,4	0,04	196,3	1,00
1:550	0,00182	72,1	0,75	103,0	0,82	141,5	0,89	186,4	0,95
1:600	0,00167	69,2	0,72	98,0	0,78	135,1	0,85	178,6	0,91
1:650	0,00154	66,4	0,69	94,2	0,75	128,8	0,81	170,7	0,87
1:700	0,00143	63,5	0,66	90,4	0,72	124,0	0,78	162,9	0,83
1:750	0,00133	60,1	0,63	86,7	0,69	119,2	0,75	157,0	0,80
1:800	0,00125	58,7	0,61	84,2	0,67	114,5	0,72	151,1	0,77
1:850	0,00117	56,7	0,59	80,4	0,64	109,7	0,69	145,2	0,74
1:900	0,00111	54,8	0,57	79,1	0,63	106,5	0,67	141,3	0,72
1:950	0,00105	53,9	0,56	76,6	0,61	103,3	0,65	137,4	0,70
1:1000	0,00100	51,9	0,54	74,1	0,59	101,7	0,64	133,5	0,68
1:1100	0,00091	49,0	0,51	70,3	0,56	95,4	0,60	127,6	0,65
1:1200	0,00083	47,1	0,49	66,6	0,53	90,6	0,57	119,7	0,61
1:1300	0,00077	45,2	0,47	64,1	0,51	87,4	0,55	115,8	0,59
1:1400	0,00071	43,3	0,45	61,5	0,49	84,3	0,53	109,9	0,56
1:1500	0,00067	41,3	0,43	59,0	0,47	81,1	0,51	107,9	0,55
1:1600	0,00062	39,4	0,41	56,5	0,45	77,9	0,49	102,1	0,52
1:1700	0,000059	38,5	0,40	55,3	0,44	75,5	0,48	100,1	0,51
1:1800	0,00056	37,5	0,39	54,0	0,43	73,1	0,46	96,2	0,49
1:1900	0,00053	36,5	0,38	51,5	0,41	71,5	0,45	94,2	0,48
1:2000	0,00050	35,6	0,37	50,2	0,40	68,4	0,43	90,3	0,46

q_3 = 4 000—6 000 litara za 1 dan na 1 dm promjera cijevi, po 1 km duljine voda pri tlaku od 1 atm;

q_4 = litar za 1 sekundu na cijeli promjer (u m) po 1 km duljine voda pri tlaku od 1 atm;

q_5 = 15—60 litara za 1 dan na 1 mm promjera cijevi po 1 km duljine voda pri tlaku od 1 atm.

Pri tome nigdje na cijevnom vodu ne smije biti vidljivih procjeđivanja vode.

Ako po gornjim postavama proračunamo gubitke za cijevni vod ⌀ 600 mm pri tlaku 2,5 atm, dobivamo po 1 km ove dopuštene gubitke:

q_1 = 1 500 · 6 · 2,5 = 22 480 litara/dan = 0,26 l/sek,
q_2 = 280 · 60 · 2,5 = 42 000 litara/dan = 0,486 l/sek,
q_3 = 6 000 · 6 · 2,5 = 90 000 litara/dan = 1,04 l/sek,
q_4 = 1,0 · 86 · 4000 · 0,60 . 2,5 = 130 000 litara/dan = 1,51 l/sek,
q_5 = 60 · 600 · 2,5 = 90 000 litara/dan = 1,51 l/sek.

U gradu Mittweida u Njemačkoj ispitan je drveni cijevni vod duljine 735 m s unutarnjom plohom 29000 m². Nakon močenja kroz 14 dana ustanovljeni su ovi gubici:

nakon	1 dana	0,495	l/sek	ili	0,170	gr/m²,
„	6 „	0,445	„	„	0,155	„ ,
„	28 „	0,385	„	„	0,130	„ ,
„	133 „	0,205	„	„	0,069	„ .

Gubici vode su dakle relativno maleni, ako su cijevni vodovi dobro izvedeni.

Zbog bolje preglednosti izrazit ćemo dopušteni gubitak u % protoke. Za cijevni vod ⌀ 600 mm i tlak H = 2,5 atm pri Q = 920 l/sek imamo:

q = 6 000 · 6 · 2,5 = 90 000 l/dan /1 km = 1,04 l/sek/ 1 km.

Za jedan dan protiče 86 400 · 920 = 79 450 000 l.

Gubici iznose 86 400 · 1,04 = 90 000 l, što predstavlja 0,113% od dnevne protoke.

Iz prednjeg se vidi, da su rezultati po gornjim propisima različiti. To je razumljivo, jer gubici ovise o tehnološkim osobinama drveta i o kvaliteti izrade cijevnog voda.

Gubitak tlaka u drvenim cijevima po formuli Scobeya $i = 0{,}000885 \frac{V^{1,8}}{D^{1,17}}$

Pad		ø550mm Q l/sek	ø550mm V m/sek	ø600mm Q l/sek	ø600mm V m/sek	ø650mm Q l/sek	ø650mm V m/sek	ø700mm Q l/sek	ø700mm V m/sek
1:10	0,10000	2225,0	9,37	2803,4	9,92	3465,9	10,45	4215,8	10,96
1:15	0,06667	1776,2	7,48	2238,2	7,92	2766,1	8,34	3365,7	8,75
1:20	0,05000	1515,0	6,38	1907,6	6,75	2358,1	7,11	2869,5	7,46
1:25	0,04000	1336,9	5,63	1684,3	5,96	2082,8	6,28	2534,8	6,59
1:30	0,03333	1208,7	5,09	1523,2	5,39	1880,5	5,67	2288,7	5,95
1:35	0,02860	1111,3	4,68	1398,9	4,95	1728,0	5,21	2104,0	5,47
1:40	0,02500	1030,6	4,34	1297,1	4,59	1605,2	4,84	1950,2	5,07
1:45	0,02222	964,0	4,06	1215,2	4,30	1502,4	4,53	1827,1	4,75
1:50	0,02000	909,5	3,83	1147,4	4,06	1416,2	4,27	1723,2	4,48
1:60	0,01666	821,6	3,46	1034,3	3,66	1280,2	3,86	1557,8	4,05
1:70	0,01420	750,4	3,16	946,7	3,35	1170,8	3,53	1427,1	3,71
1:80	0,01250	700,5	2,95	881,7	3,12	1091,2	3,29	1327,0	3,45
1:90	0,01111	657,8	2,77	828,0	2,93	1021,5	3,08	1242,4	3,23
1:100	0,01000	619,8	2,61	780,0	2,76	965,1	2,91	1173,2	3,05
1:125	0,00800	546,2	2,30	689,5	2,44	852,4	2,57	1034,3	2,69
1:150	0,00667	493,9	2,08	621,7	2,20	769,5	2,32	938,5	2,44
1:175	0,00571	453,6	1,91	570,9	2,02	706,4	2,13	857,8	2,23
1:200	0,00500	420,3	1,77	531,3	1,88	656,7	1,98	800,1	2,08
1:225	0,00444	394,2	1,66	497,4	1,76	613,6	1,85	746,2	1,94
1:250	0,00400	372,8	1,57	469,1	1,66	580,4	1,75	703,9	1,83
1:275	0,00364	353,8	1,49	443,7	1,57	550,6	1,66	669,3	1,74
1:300	0,00333	337,2	1,42	423,9	1,50	524,0	1,58	638,5	1,66
1:325	0,00308	322,9	1,36	404,1	1,43	500,8	1,51	611,6	1,59
1:350	0,00285	308,7	1,30	387,2	1,37	480,9	1,45	584,7	1,52
1:375	0,00267	296,8	1,25	375,9	1,33	464,3	1,40	561,6	1,46
1:400	0,00250	287,3	1,21	361,7	1,28	447,7	1,35	542,4	1,41
1:425	0,00235	277,8	1,17	347,6	1,23	431,2	1,30	523,1	1,36
1:450	0,00222	268,3	1,13	339,1	1,20	417,9	1,26	507,7	1,32
1:475	0,00210	261,2	1,10	327,8	1,16	404,6	1,22	492,4	1,28
1:500	0,00200	254,1	1,07	319,3	1,13	394,7	1,19	480,8	1,25
1:550	0,00182	239,8	1,01	302,4	1,07	374,8	1,13	453,9	1,18
1:600	0,00167	230,3	0,97	288,3	1,02	358,2	1,08	434,7	1,13
1:650	0,00154	218,5	0,92	276,9	0,98	344,6	1,03	415,4	1,08
1:700	0,00143	211,3	0,89	265,6	0,94	328,3	0,99	400,0	1,04
1:750	0,00133	201,2	0,85	254,3	0,90	315,1	0,95	380,8	0,99
1:800	0,00125	194,7	0,82	245,9	0,87	305,1	0,92	369,3	0,96
1:850	0,00117	187,6	0,79	237,4	0,84	291,9	0,88	357,7	0,93
1:900	0,00111	182,8	0,77	228,9	0,81	285,2	0,86	346,2	0,90
1:950	0,00105	178,1	0,75	223,3	0,79	275,3	0,83	334,6	0,87
1:1000	0,00100	173,3	0,73	217,6	0,77	268,6	0,81	327,0	0,85
1:1100	0,00091	163,8	0,69	206,3	0,73	255,4	0,77	311,6	0,81
1:1200	0,00083	154,3	0,65	195,0	0,69	242,1	0,73	296,2	0,77
1:1300	0,00077	149,6	0,63	186,5	0,66	232,2	0,70	280,8	0,73
1:1400	0,00071	142,5	0,60	178,0	0,63	222,2	0,67	269,3	0,70
1:1500	0,00067	137,7	0,58	172,4	0,61	215,6	0,65	261,6	0,68
1:1600	0,00062	133,8	0,56	166,7	0,59	205,6	0,62	250,0	0,65
1:1700	0,00059	128,2	0,54	161,1	0,57	199,0	0,60	242,3	0,63
1:1800	0,00056	125,9	0,53	158,3	0,56	195,7	0,59	238,5	0,62
1:1900	0,00053	121,1	0,51	152,6	0,54	189,0	0,57	230,8	0,60
1:2000	0,00050	116,4	0,49	147,0	0,52	182,4	0,55	223,1	0,58

Hidrauličko ispitivanje započinje nakon završetka močenja cijevnog voda, a završava kad je ustanovljen dopušteni gubitak vode prema naprijed navedenim ograničenjima. Gubitak vode se određuje podesnim vodomjerom, koji se stavlja u početku ispitivane dionice. Iz vodomjera stavlja se manometar, a isto tako i na kraju dionice.

Na vodomjeru se ustanovljuje količina vode, koja se mora dodati, da bi se u cijevnom vodu održao stalni tlak. Čitanje vodomjera obavlja se barem 2 puta dnevno kroz najmanje 12 dana.

IV. Hidrauličko izračunavanje drvenih vodova

Kod dobre izvedbe cijevnog voda unutarnja je ploha glatka. Pri takvoj izradi imaju drveni vodovi visoku hidrauličku vodljivost, t. j. vrlo male gubitke tlaka od trenja.

Pri takvim uvjetima mogu se gubici tlaka izračunati po Scobey-evoj formuli, koja glasi

$$i\ ‰ = 0{,}885\ \frac{V^{1,8}}{D^{1,17}}.$$

Gubitak tlaka u drvenim cijevima po formuli Scobeya $i = 0{,}000885 \frac{V^{1,8}}{D^{1,17}}$

Pad		ø750mm Q l/sek	ø750mm V m/sek	ø800mm Q l/sek	ø800mm V m/sek	ø850mm Q l/sek	ø850mm V m/sek	ø900mm Q l/sek	ø900mm V m/sek
1:10	0,10000	5064,7	11,47	6008,7	11,96	7055,5	12,44	8208,8	12,91
1:15	0,06667	4040,3	9,15	4797,9	9,55	5631,9	9,93	6549,3	10,30
1:20	0,05000	3444,2	7,80	4089,5	8,14	4798,2	8,46	5582,0	8,78
1:25	0,04000	3042,3	6,89	3612,3	7,19	4242,4	7,48	4934,2	7,76
1:30	0,03333	2750,9	6,23	3260,6	6,49	3828,3	6,75	4457,3	7,01
1:35	0,02860	2525,7	5,72	2994,3	5,96	3516,4	6,20	4099,9	6,44
1:40	0,02500	2344,7	5,31	2783,3	5,54	3266,8	5,76	3802,4	5,98
1:45	0,02222	2194,6	4,97	2602,4	5,18	3057,0	5,39	3560,8	5,60
1:50	0,02000	2070,9	4,69	2456,7	4,89	2888,8	5,09	3357,3	5,28
1:60	0,01666	1872,2	4,24	2220,6	4,42	2608,9	4,60	3033,0	4,77
1:70	0,01420	1713,3	3,88	2029,7	4,04	2382,1	4,20	2772,3	4,36
1:80	0,01250	1594,0	3,61	1894,0	3,77	2223,3	3,92	2587,9	4,07
1:90	0,01111	1492,5	3,38	1773,5	3,53	2081,5	3,67	2422,6	3,81
1:100	0,01000	1408,6	3,19	1673,0	3,33	1962,4	3,46	2282,7	3,59
1:125	0,00800	1245,2	2,82	1477,1	2,94	1735,5	3,06	2015,6	3,17
1:150	0,00667	1126,0	2,55	1336,4	2,66	1565,4	2,76	1824,9	2,87
1:175	0,00571	1033,3	2,34	1225,9	2,44	1434,9	2,53	1672,3	2,63
1:200	0,00500	958,2	2,17	1135,4	2,26	1332,8	2,35	1551,5	2,44
1:225	0,00444	896,4	2,03	1065,1	2,12	1247,8	2,20	1456,1	2,29
1:250	0,00400	847,8	1,92	1004,8	2,00	1179,7	2,08	1373,4	2,16
1:275	0,00364	803,6	1,82	954,6	1,90	1117,3	1,97	1303,5	2,05
1:300	0,00333	763,9	1,73	909,3	1,81	1065,3	1,88	1240,0	1,95
1:325	0,00308	733,0	1,66	869,2	1,73	1022,9	1,80	1189,0	1,87
1:350	0,00285	702,1	1,59	834,0	1,66	975,5	1,72	1138,2	1,79
1:375	0,00267	675,6	1,53	803,8	1,60	941,5	1,66	1093,7	1,72
1:400	0,00250	653,5	1,48	773,7	1,54	907,5	1,60	1055,5	1,66
1:425	0,00235	631,4	1,43	748,6	1,49	879,1	1,55	1023,7	1,61
1:450	0,00222	609,4	1,38	723,5	1,44	850,7	1,50	991,9	1,56
1:475	0,00210	591,7	1,34	703,4	1,40	822,4	1,45	960,1	1,51
1:500	0,00200	574,0	1,30	683,3	1,36	805,4	1,42	934,7	1,47
1:550	0,00182	547,5	1,24	648,1	1,29	760,0	1,34	883,8	1,39
1:600	0,00167	521,0	1,18	618,0	1,23	726,0	1,28	845,7	1,33
1:650	0,00154	499,0	1,13	592,8	1,18	691,9	1,22	807,5	1,27
1:700	0,00143	476,9	1,08	567,7	1,13	663,6	1,17	775,7	1,22
1:750	0,00133	459,2	1,04	542,6	1,08	640,9	1,13	743,9	1,17
1:800	0,00125	441,6	1,00	527,5	1,05	618,2	1,09	718,5	1,13
1:850	0,00117	428,3	0,97	507,4	1,01	595,5	1,05	693,1	1,09
1:900	0,00111	415,1	0,94	492,4	0,98	578,5	1,02	674,0	1,06
1:950	0,00105	401,8	0,91	477,3	0,95	561,5	0,99	654,9	1,03
1:1000	0,00100	393,0	0,89	467,2	0,93	544,5	0,96	635,9	1,00
1:1100	0,00091	370,9	0,84	442,1	0,88	516,1	0,91	604,1	0,95
1:1200	0,00083	353,2	0,80	417,0	0,83	493,4	0,87	572,3	0,90
1:1300	0,00077	340,0	0,77	401,9	0,80	470,7	0,83	546,8	0,86
1:1400	0,00071	322,3	0,73	386,8	0,77	453,7	0,80	527,8	0,83
1:1500	0,00067	313,5	0,71	371,8	0,74	436,7	0,77	508,7	0,80
1:1600	0,00062	300,3	0,68	356,7	0,71	419,7	0,74	489,6	0,77
1:1700	0,00059	291,4	0,66	346,7	0,69	408,4	0,72	476,9	0,75
1:1800	0,00056	282,6	0,64	336,6	0,67	397,0	0,70	452,8	0,72
1:1900	0,00053	273,8	0,62	326,6	0,65	385,7	0,68	445,1	0,70
1:2000	0,00050	264,9	0,60	316,5	0,63	374,3	0,66	432,4	0,68

Eksponent 1,8 je znatno manji od 2, što ukazuje na malu hrapavost stijenke cijevnog voda.

U Americi se još mnogo upotrebljava Hazen-Williamsova formula, koju preporučuje i Kriger. Vrlo je slična formuli Scobey-evoj:

$$i\ ‰ = a\ \frac{V^{1,85}}{D^{1,17}}.$$

Obično se ta formula daje u obliku

$$v = 1{,}32\ K\ R^{0,63}\ i^{0,54}.$$

Zamjenjujući u njoj R sa $\frac{D}{2}$ i rješavajući je po »i«, dobivamo prvo navedeni oblik.

Kriger daje ove vrijednosti koeficijenta »K« i odgovarajuće vrijednosti koeficijenta »a«:

pri povoljnim uvjetima	K = 123	i a = 0,67,
vjerovatna srednja vrijednost	K = 102	i a = 0,97,
pri slabijim uvjetima	K = 94	i a = 1,14.

Gubitak tlaka u drvenim cijevima
po formuli Scobeya $i = 0{,}000885 \frac{V^{1{,}8}}{D^{1{,}17}}$

Pad		ø 950 mm Q l/sek	ø 950 mm V m/sek	ø 1000 mm Q m³/sek	ø 1000 mm V m/sek	ø 1500 mm Q m³/sek	ø 1500 mm V m/sek	ø 2000 mm Q m³/sek	ø 2000 mm V m/sek
1:10	0,10000	9472,1	13,37	10,849	13,82	31,776	17,99	68 139	21,69
1:15	0,06667	7559,3	10,67	8,659	11,03	25,364	14,36	54,411	17,32
1:20	0,05000	6447,0	9,10	7,379	9,40.	21,620	12,24	46 369	14,76
1:25	0,04000	5696,0	8,04	6,523	8,31	19,094	10,81	40 965	13,04
1:30	0,03333	5143,4	7,26	5,895	7,51	17,257	9,77	37,007	11,78
1:35	0,02860	4725,4	6,67	5,417	6,90	15,851	8,98	33,991	10,82
1:40	0,02500	4385,4	6,19	5,024	6,40	14,713	8,33	31,541	10,04
1:45	0,02222	4109,1	5,80	4,702	5,99	13,777	7,80	29,530	9,40
1:50	0,02000	3875,3	5,47	4,435	5,65	13,000	7,36	27,865	8,87
1:60	0,01666	3499,8	4,94	4,011	5,11	11,746	6,65	25,163	8,01
1:70	0,01420	3202,2	4,52	3,666	4,67	10,739	6,08	23,027	7,33
1:80	0,01250	2982,5	4,21	3,415	4,35	10,015	5,67	21,456	6,83
1:90	0,01111	2791,3	3,94	3,203	4,08	9,379	5,31	20,106	6,40
1:100	0,01000	2635,5	3,72	3,022	3,85	8,849	5,01	18,975	6,04
1:125	0,00800	2330,8	3,29	2,669	3,40	7,807	4,42	16,744	5,33
1:150	0,00667	2104,1	2,97	2,410	3,07	7,065	4,00	15,142	4,82
1:175	0,00571	1927,0	2,72	2,214	2,82	6,482	3,67	13,885	4,42
1:200	0,00500	1792,4	2,53	2,057	2,62	6,023	3,41	12,912	4,11
1:225	0,00444	1679,1	2,37	1,923	2,45	5,634	3,19	12,063	3,84
1:250	0,00400	1587,0	2,24	1,813	2,31	5,317	3,01	11,404	3,63
1:275	0,00364	1504,9	2,12	1,719	2,19	5,052	2,86	10,807	3,44
1:300	0,00333	1431,1	2,02	1,601	2,04	4,804	2,72	10,304	3,28
1:325	0,00308	1367,3	1,93	1,570	2,00	4,592	2,60	9,864	3,14
1:350	0,00285	1310,7	1,85	1,507	1,92	4,398	2,49	9,456	3,01
1:375	0,00267	1268,1	1,79	1,452	1,85	4,239	2,40	9,110	2,90
1:400	0,00250	1218,6	1,72	1,397	1,78	4,098	2,32	8,765	2,79
1:425	0,00235	1176,0	1,66	1,350	1,72	3,957	2,24	8,482	2,70
1:450	0,00222	1140,6	1,61	1,311	1,67	3,833	2,17	8,231	2,62
1:475	0,00210	1105,2	1,56	1,272	1,62	3,709	2,10	7,979	2,54
1:500	0,00200	1076,9	1,52	1,233	1,57	3,621	2,05	7,760	2,47
1:550	0,00182	1020,2	1,44	1,170	1,49	3,427	1,94	7,351	2,34
1:600	0,00167	977,7	1,38	1,115	1,42	3,268	1,85	7,006	2,23
1:650	0,00154	935,2	1,32	1,068	1,36	3,126	1,77	6,691	2,13
1:700	0,00143	892,7	1,26	1,028	1,31	3,003	1,70	6,440	2,05
1:750	0,00133	857,2	1,21	0,981	1,25	2,879	1,63	6,189	1,97
1:800	0,00125	828,9	1,17	0,950	1,21	2,791	1,58	5,969	1,90
1:850	0,00117	800,6	1,13	0,920	1,17	2,685	1,52	5,749	1,83
1:900	0,00111	779,3	1,10	0,887	1,13	2,614	1,48	5,592	1,78
1:950	0,00105	751,0	1,06	0,864	1,10	2,526	1,43	5,435	1,73
1:1000	0,00100	736,8	1,04	0,840	1,07	2,455	1,39	5,278	1,68
1:1100	0,00091	694,3	0,98	0,801	1,02	2,332	1,32	4,995	1,59
1:1200	0,00083	658,9	0,93	0,754	0,96	2,226	1,26	4,744	1,51
1:1300	0,00077	637,6	0,90	0,730	0,93	2,120	1,20	4,555	1,45
1:1400	0,00071	609,3	0,86	0,691	0,88	2,031	1,15	4,367	1,39
1:1500	0,00067	588,0	0,83	0,675	0,86	1,975	1,12	4,210	1,34
1:1600	0,00062	559,7	0,79	0,644	0,82	1,890	1,07	4,053	1,29
1:1700	0,000059	545,5	0,77	0,628	0,80	1,837	1,04	3,927	1,25
1:1800	0,00056	531,3	0,75	0,612	0,78	1,784	1,01	3,833	1,22
1:1900	0,00053	517,2	0,73	0,589	0,75	1,731	0,98	3,707	1,18
1:2000	0,00050	495,9	0,70	0,573	0,73	1,678	0,95	3,581	1,14

Jednaki gubici tlaka dobivaju se po gornjim formulama, ako se stavi a = 0,885 pri V = 1,0 m/sek, i a = 0,84 pri V = 3,0 m/sek. Na temelju toga može se zaključiti da Hazen-Williamsova formula, s koeficijentom H = 102 odnosno a = 0,97, daje vrijednosti gubitka u tlaku za 15—10% veće od Scobey-eve formule.

Ako je voda čista, t. j. ne nosi nanosa, koji bi mogao stijenke ohrapaviti ili se taložiti na dnu cijevnog voda, povećava se tokom vremena hidraulička vodljivost cijevi, jer se na stijenkama stvara klizak sloj, koji smanjuje trenje. Ako pak postoji mogućnost taloženja nanosa i stvaranja izraslina u unutrašnjosti cijevnog voda, može doći do znatnih povećanja hrapavosti, ne uzimajući u obzir još i smanjenje presjeka cijevnog voda.

U vezi s time preporučuje se da se promjer, određen po Scobey-evoj formuli, poveća za 5% pri čistoj vodi ili pri brzini V > 1 m/sek, za 10% pri vodi sa lebdećim nanosom i V < 1,0 m/sek, za 15% pri vrlo nečistoj vodi.

Gubici tlaka na pojedinim fasonima i armaturama proračunavaju se po poznatim formulama lokalnih gubitaka za metalne vodove ili se mogu grubo uzeti sa 10% od ukupnog gubitka tlaka od trenja.

Gubici tlaka na pojedinim fasonima i armaturama proračunavaju se po poznatim formulama lokalnih gubitaka za metalne vodove ili se mogu grubo uzeti sa 10% od ukupnog gubitka tlaka od trenja.

Hidrauličko izračunavanje drvenih vodova može se još izvršiti po Maningovoj formuli, smanjujući dobivene vrijednosti s faktorom 0,84.

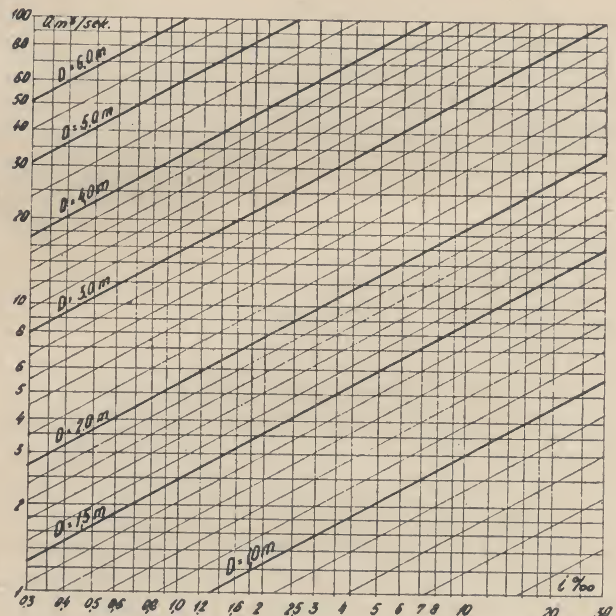
Zbog olakšanja hidrauličkog računa drvenih cijevnih vodova dana je ovdje numerička tabela za cijevne vodove od ⌀ 40 do 2000 mm, a nomogram za cijevi od ⌀ 1 000 do 6 000 mm.

V. Trajnost drvenih cijevnih vodova

Mišljenja i stečena iskustva o trajanju drvenih vodova različita su. To je posve razumljivo, jer trajnost ovisi o vrsti odnosno kakvoći drveta i čelika, o lokalnim tehničko-biološkim uvjetima pogona, kao i o izradi i održavanju tih vodova.

Iskustvo je pokazalo, da drveni cijevni vodovi najdulje traju, ako su uvijek puni vode, pri čemu najmanji unutarnji tlak mora iznositi barem 6—7 m vodenog stupca. Pri takvom tlaku voda još prodire kroz pore drveta, pa su dužice uvijek mokre i ispunjene vodom, čime su sačuvane od truljenja.

U krajevima sa toplom klimom može se cijevni vod na površini osušiti i popucati. Pri promjenljivim ljetnim temperaturama u takvim krajevima može doći i do izmjeničnog osušivanja i ponovnog kvašenja vanjske plohe cijevnog voda. Takovo



Nomogram za proračun gubitka tlaka u drvenim cijevima po formuli Scobey-a: $i = 0{,}000885 \frac{V^{1{,}8}}{D^{1{,}17}}$

uzastopno sušenje i vlaženje može dovesti do vanjskog površinskog truljenja drvenih vodova.

Kod podzemno položenih vodova može sastav u znatnoj mjeri pogodovati truljenju drveta i hrđanju armature. Naročito ako je vlažnost tla promjenljiva u zavisnosti od oscilacija razina podzemne vode. Izmjenično vlaženje i sušenje rahlog tla naročito je opasno i štetno.

Za vodove, koji se nalaze podzemno, treba dužice impregnirati ili ih izvana premazati višekratnim impregnacionim premazima, a armaturu u vrućem stanju asfaltirati i premazati je nakon montaže zaštitnim premazom, ili je izraditi od čelika, koji ne hrđa. Vanjske za vodu nepropusne zaštitne premaze vodova treba izbjegavati, jer uvijek postoji opasnost, da ih voda, koja prodire iznutra kroz drvene stijenke, odlijepi od cijevi.

Ako se u vodovima mogu stvoriti zračni jastuci, ili ako može doći do povremenog pražnjenja vodova, dolazi do bržeg truljenja, jer se veoma brzo ostvaruju gljivice. Osim toga se na taj način iznutra onečisti voda, što je za pitku vodu nedopušteno.

Prema amerikanskom iskustvu može se trajnost drvenih vodova uzeti sa 40—50 godina, ako su izvedeni od birane borovine, arišovine ili kedrovine, a položeni su u pogodnom tlu i stalno ispunjeni vodom s pogonskim tlakom većim od 15 m.

Pri manjim nutarnjim tlakovima i nepovoljnim uvjetima ustanovljeno je trajanje 10—15 godina za borovinu i arišovinu, a za kedrovinu 15—20 godina. Za vodove, koji nisu stalno puni ili su pod malim pritiskom, a tlo u kojem su položeni je porozno i izmjenično mokro i suho, može trajnost pasti i na 4—5 godina.

Vodovi položeni nadzemno na podmetačima ili potporama obično traju 25—35 godina. Vanjskim višekratnim premazom kreozota bitno se povećava trajnost borovine i arišovine u prilikama, koje pogoduju truljenju drveta.

Pri tome se ne smije gubiti iz vida, da su neki amerikanski četinjari mnogo bolji od evropskih, jer im drvo sadrži mnogo više smole, pa je otpornije protiv truljenja.

Vodovod grada Beograda ima od 1928 godine u pogonu nadzemno položeni drveni cijevni vod ϕ 700 mm, koji još i danas služi.

Drveni vodovi ne smiju se upotrebiti:

1. pri tlakovima većim od dopuštenih za pojedinu vrst cijevi,
2. pri manjim unutarnjim tlakovima vode od 0,6—0,7 atm,
3. pri pogonu, kod kojeg se voda može povremeno prazniti, kod kojeg može doći do vakuuma ili zračnih jastuka u cijevnom vodu, ili do velikih i čestih promjena nutarnjih tlakova vode,
4. u vrlo podvodnim tlima,
5. u tlima, koja podliježu izmjeničnom sušenju i vlaženju,
6. pri prisustvu podzemne vode, koja sadrži kiselina (korodiranje armature),
7. u tlima nepostojanim pri prokvašivanju vodom (na primjer les),
8. pri ograničenoj izdašnosti vrela,
9. ukoliko nema rutiniranih montera i tvornica, u kojima se izrađuju dužice,
10. kod prolaza ispod željezničkih pruga i cesta.

U ostalim slučajevima se mogu upotrebiti drvene cijevi ukoliko u cijelosti odgovaraju tehničkim uvjetima i u pogledu cijene ne dostižu metalne ili armirane betonske cijevi.

VI. Nedostaci i preimućstva drvenih cijevnih vodova

Slabe strane drvenih vodova su ove:

1. korodiranje čelične armature zbog stalnog vlaženja,
2. olabavljenje tokom vremena spiralno omotane čelične žice ili obruča te u vezi s time širenje i međusobno pomicanje dužica,
3. stalni gubitak vode,
4. neophodno močenje odnosno punjenje cijevnog voda u trajanju 10—15 dana prije stavljanja u pogon,
5. mala otpornost cijevnog voda prema vanjskim opterećenjima,
6. mogućnost zagađivanja vode s nutarnjih ploha stijenke cijevi, u slučaju da se u cijevnom vodu stvore zračni jastuci ili vakuum,
7. činjenica, da se ove cijevi mogu primijeniti samo pri niskim tlakovima, jer se pri višim znatno povećava broj i promjer obruča i navoja čelične žice te postaju neekonomične,
8. potreba izvježbanih montera za sastavljanje i polaganje.

Dobre strane drvenih vodova jesu:

1. postojanost prema kemijskom djelovanju sumpornih, slanih i mineralnih voda,
2. dobro podnose hidrauličke udare,
3. obzirom na svoju elastičnost, ti vodovi podnose bez štete manje pomake i slijegavanja tla,
4. mala težina drvenih vodova odnosno njihovih sastavnih elemenata, što omogućava lakši transport i polaganje,
5. na podzemno položene cjevne vodove ne utiču štetno lutajuće električne struje,
6. mali koeficijent vodljivosti topline omogućuje nadzemno polaganje cijevnog voda pri niskim temperaturama ili mnogo pliće ukopavanje u tlo,
7. u zavisnosti od mjesnih prilika, što se tiče radne snage, materijala i transporta, te su cijevi kod niskih tlakova i velikim količinama vode često jeftinije od drugih; to se mora, međutim, uvijek za svaki konkretni slučaj analizirati, jer može biti i obratno.

EKSPERIMENTALNE METODE . NALIZE NAPREZANJA

Henri Clerc, inženjer Laboratorija za građevinarstvo i javne radove — Paris

Fotoelasticimetrija i njene mogućnosti

Fotoelasticimetrija je jedna od glavnih eksperimentalnih metoda za određivanje elastičnih naprezanja, i za ustanovljenje najboljeg i najpogodnijeg oblika, koji treba dati nekom stanovitom dijelu konstrukcije opterećenom pod stanovitim uslovima. Zbog toga se laboratoriji, a također i industrijski biro-i, služe naširoko njome za rješavanje mnogobrojnih problema, koje je inače teško riješiti na drugi način.

Već prema naravi materijala od kojega je načinjen dotični dio konstrukcije (metal ili armirani beton) ili model konstrukcije (staklo, plastični materijal) i prema uslovima koji se nameću (sile stalne ili promjenljive, ležajni uslov i oblik konstrukcije, zbivanje u ravnini ili u tri dimenzije) primjena metode može se vršiti na više načina, a točnost rezultata može također varirati s obzirom na materijal o kojem se radi (staklo ili plastični materijal).

Međutim, u svojoj klasičnoj formi fotoelasticimetrija se može primijeniti samo na ravninske dvodimenzionalne probleme ili na one, koji se mogu aproksimativno svesti na njih. Ta se metoda, naime, sastoji u odašiljanju snopa polarizirane svjetlosti na model, sličan konstrukciji koju istražujemo, a opterećen pod istim uslovima. Snop svjetlosti se promatra po izlasku iz modela kroz analizator. Pod tim uvjetima opaža se na modelu mreža područja interferencije, poznatih pod imenom »izohrome«. Ta područja su mjesta točaka modela gdje je razlika glavnih napona konstantna i prijelaz s jednog područja na slijedeća predstavlja povećanje te razlike za neku konstantnu veličinu, koja se može odrediti etalonažom materijala od kojeg je načinjen model. Nažalost, kada model nije ravninski, kada se dakle prelazi s jedne površine, okomite na snop padajuće svjetlosti, na slijedeće, stanje naprezanja se mijenja, bilo po veličini, bilo po smjeru i dobivena slika mreže interferencije nije više u stanju da nam da podatke o stanju naprezanja u jednoj točki modela. U stvari zraka svjetlosti, koja prolazi kroz model, zbraja različite deformacije, koje susreće na svom putu i sačinjava na izlasku iz analizatora jednu vrst srednje vrijednosti, sa kojom eksperimentator ne može ništa učiniti, jer u tom slučaju postoji bojazan da dani model ne strada i to ne iz razloga što bi bio prosječno previše opterećen, nego radi toga što je na jednom mjestu jako lokalizirano naprezanje prekoračilo lomno naprezanje.

Nemogućnosti klasične fotoelasticimetrije da rješi trodimenzionalni problem istraživači su pokušali doskočit metodom, koja bi omogućila da se izdvoje jedino one optičke manifestacije, koje rezultiraju prolazom svjetlosti kroz jednu ploču smanjene debljine u poređenju sa debljinom modela.

Model u dvije dimenzije

U slučaju kada je dio konstrukcije, koji treba ispitati, ravna ploča neznatne debljine u poređenju s ostalim dimenzijama, a vanjske sile djeluju jedino na rubovima, u ravnini samoga modela, tada postoje duž jedne okomice na površinu ploče samo dva glavna napona, paralelna sa tim površinama. Vrijednost njihova ostaje konstantna duž te okomice. Fotoelasticimetrija daje tada direktno smjer i razliku tih dviju glavnih napona. Potpuno određivanje napona može biti izvedeno ili s pomoću eksperimentalnih metoda, koristeći zakone analogije — električne ili mehaničke (ljuska od sapunice) — s pomoću elasticiteta (mjerenje varijacija debljina ploče) ili s pomoću optičkih zakona (određivanje glavnih indeksa s mjerenjem apsolutnih zakašnjenja s pomoću interferometra) ili pak s pomoću računske metode, služeći se jednadžbama teorije elasticiteta na osnovu eksperimentalno određenih linija izostata i izoklina.

Model načinjen od tankih elemenata

U ovom slučaju može se sa dovoljnom aproksimacijom svesti ispitivanje takovih modela na gornji slučaj, ukoliko su oni sastavljeni od više elemenata, čije su debljine uvijek neznatne prema ostalim dmenzijama, a elementi su međusobno sastavljeni. U tom slučaju može se uzeti, bilo da je srednja površina svakog elementa ravna ili da nije ravna, da postoji jedan glavni sistem naprezanja u dvije dimenzije u kojem je jedan od triju glavnih napona usmjeren duž normale na srednju površinu elementa, dva ostala ostaju konstantna, kada se točka pomiče po normali.

U prvoj aproksimaciji mogu se zanemariti promjene smjera i veličine glavnih napona duž jedne normale na srednju površinu, kao neznatne, ukoliko je debljina elemente mala. Pod tim uvjetima može se proučiti glavni sistem s pomoću fotoelasticimetrije, pod uvjetom da se izbjegne prolaz polariziranih svjetlosnih zraka kroz više od jedan element podvrgnut naprezanju. Time se dovodi ispitivanje svakog elementa na prijašnji slučaj.

Model i sistem sila proizvoljan

Ako je oblik modela proizvoljan, a sile koje na njega djeluju imaju također proizvoljan smjer, problem elasticiteta se javlja u tri dimenzije. Duž jedne zrake polarizirane svjetlosti, koja prolazi kroz fotoelastično tijelo, podvrgnuto naprezanju, dvije funkcije koje predstavljaju odnos amplitu-

da dvaju vibracija i njihov fazni pomak, rješenja su sistema diferencijalnih jednadžbi vrlo kompleksne forme. Taj je sistem riješiv samo u slučaju elasticiteta u dvije dimenzije. U općenitom slučaju ne mogu se izvući nikakvi rezultati ispitivanja sa takvim načinom tretiranja problema, budući je osnovna zakonitost u mnogome promjenjena i kompleksnija.

Metode fotoelasticimetrije u tri dimenzije

I. Upotreba dva materijala s različitim fotoelastičnim karakteristikama

Kod te metode uvodi se u unutrašnjost modela, načinjenog od materijala sa fotoelastičnim karakteristikama jednakim nuli, jedan mali element načinjen od materijala sa izrazitim fotoelastičnim osobinama. To se radi tako, da kontinuitet naprezanja bude osiguran prelazom s jednog na drugi od tih dvaju materijala. Kammerer (Francuska) upotrebljava kod toga dvije vrsti plesciglasa, koji imaju iste mehaničke konstante (modul E i Poissonov koeficient), ali različite fotoelastične osobine. Kontinuitet između osjetljivog dijela i ostalog dijela modela može biti osiguran lijepljenjem s pomoću plescigume, koja ima iste osobine kao i plesciglas. Preciznost metode je ograničena, jer se produkt osjetljivosti nefotoelastičnog plesciglasa s prevaljenim putem zrake svjetlosti malo razlikuje od produkta osjetljivosti fotoelastičnog plesciglasa s neznatnom debljinom elementa umetnutog u model.

II. Upotreba difuzne svjetlosti

Neki fotoelastični materijali, kao »Bakelit« imaju sposobnost da prenose svjetlost. Ako se pošalje snop polarizirane svjetlosti na prilično ravnu površinu modela, difuzna svjetlost usmjerena normalno na padajući snop analizirana je pomoću samoga materijala. Radi toga se opaža mreža područja interferencije, s pomoću koje se može pristupiti kvantitativnim mjerenjima. Međutim dok su opažana područja u fotoelasticitetu u dvije dimenzije,mjesto točaka, gdje razlika glavnih napona ima stanovitu vrijednost, u ovom slučaju je razlika »sekundarnih glavnih napona« proporcionalna razmaku područja interferencije. Ta metoda primijenjena prvi put od Wellera u Americi, vjerojatno je najpodesnija, s obzirom na točnost svojih temeljnih postavki, ali ona se teško može primjenjivati na dosada postojećim fotoelastičnim materijalima, koji prenose suviše malo svjetlosti i zahtijevaju primjenu vrlo jakih izvora svjetlosti.

III. Metoda skrućivanja naprezanja

Kod te metode modeli se opterećuju pod relativno visokom temperaturom (oko 100°C) i zatim postepeno hlade, još uvijek pod opterećenjem, na normalnu temperaturu. U tom slučaju može se konstatirati da deformacije i birenfringencija, koji su se pojavili u modelu pod djelovanjem opterećenja, ostaju sačuvani i dalje nakon odterećenja modela na normalnoj temperaturi. Naponi koji se pojavljuju na taj način, ili točnije rečeno optička materijalizacija tih napona, nema ništa zajedničko s naponima, koji nastaju u metalima podvrgnutim naglim varijacijama temperature. Ustvari, ovi posljednji sačinjavaju sistem jednak nuli, dok naprotiv naprezanja skrućivanja sačinjavaju sistem koji je jednak opterećenju, danom pod temperaturom. Skrućena birefringencija u modelu ostaje zadržana u svom prvobitnom stanju, kakav god bio način rezanja modela u željene forme i dimenzije. Model se, dakle, može podijeliti na više ploča, pa i ispitati jednu po jednu pod polariziranim svjetlom. Na taj način dobivene izohrome pretpostavljaju mjesto točaka ploče modela, u kojima razlika sekundarnih glavnih napona ima konstantnu vrijednost. Fotoelastična osjetljivost materijala pod temperaturom skrućivanja je mnogo veća nego pod normalnom temperaturom, dok je, naprotiv, modul elasticiteta znatno manji. Produkt fotoelastične osjetljivosti sa modulom elasticiteta općenito je manji pod temperaturom skrućivanja nego pod normalnom. Da bi se mogla izvršiti precizna optička mjerenja, potrebno je opteretiti model dovoljno jako, tako da birenfringencija prouzrokovana u jednoj ploči, koja će se izrezati iz modela, bude za to dovoljna. Deformacija prouzrokovana u skrućenom modelu bit će općenito veća od deformacija, koje se inače konstatiraju u klasičnom fotoelasticitetu,što predstavlja jednu od mana te metode.

Od triju metoda, o kojima je riječ, prva je svakako najlogičnija, imajući u vidu, narav prolema koji treba rješiti; do dviju ostalih dolazi se teže logičnim razmatranjem, jer su zasnovane na malo čudnim osobinama fotoelastičnih materijala, vjerojatno otkrivenima slučajno.

Pokušaj objašnjenja fenomena skrućivanja

Po Heteny-u, jednom od prvih koji je primijenio taj metod na sistematski način, plastični materijali, sposobni za skrućivanje, trebaju se sastojati od krutog »skeleta« molekula polimerizirane mase, i od »mesa« plastične supstancije, koja ispunjava skelet, a načinjena je od molekula, vezanih jedino zakonom Van der Waalsa. Pod temperaturom skrućivanja jedino bi skelet nosio opterećenje. Tako bi došlo do velikih deformacija, pa dakle i do jake birefringencije. Tokom hlađenja »meso« se zgruša i ono nakon odterećenja i poprimanja normalne temperature mnogo više sprečava, da deformacije nastanu nego li onaj materijal, koji

sačinjava osnovni skelet. Na taj način birefringencija, koja je bila prouzrokovana deformacijom skeleta, ostaje skoro nepromijenjena.

To tumačenje ponašanja »skeleta« i »mesa« može se konkretizirati na slijedeći način: Promatrajmo spužvu, sa šupljinama ispunjenim voskom. Takvu spužvu grijemo na temperaturu višu od tališta voska i tada deformiramo spužvu. Ako spužvu ostavimo pod opterećenjem, koje je izazvalo deformaciju, pa je ohladimo na normalnu temperaturu, spužva će ostati deformirana i nakon odterećenja.

Kammerer pak daje jednostavnije tumačenje fenomena, zasnovano na promjeni modula elasticiteta i na viskozitetu plastičnih materijala pri povišenoj temperaturi. Budući da su u vrućem stanju viskozitet i modul elasticiteta manji, struktura poprima brzo znatne deformacije i pod djelovanjem maloga opterećenja. Ako se opterećenje nakon polaganog hlađenja od normalne temperature ukloni, deformacije i birefringencija, koja tome slijedi, ostaju skoro u cijelosti nepromjenjene, budući da je modul elasticiteta i viskozitet postao znatno veći.

Zajedničke poteškoće svojstvene svim trima metodama

Sve tri metode imaju zajedničku karakteristiku u potrebi odabiranja jednog ravnog dijela modela. U prvoj metodi to se odabiranje vrši već pri izradi modela, u drugoj se vrši optičkim putem u toku analize modela, dok se u trećoj vrši čisto mehaničkim putem nakon završenog procesa skrućivanja. Svaka od triju spomenutih metoda ima svoje probleme. Ti problemi nisu jednostavni, a njihovo detaljno proučavanje prešlo bi okvir ovog ekspozea. U glavnim crtama možemo reći, da — ukoliko nam nije unaprijed poznat smjer glavnih napona u jednoj točki modela — analiza napona u modelu može se vršiti samo iz točke u točku i zahtijeva rezanje modela sa tri stvarne ili virtualne ravnine, koje prolaze istom točkom. U pojedinim slučajevima, gdje se apriori znaju smjerovi glavnih napona, problem je, naravno, mnogo jednostavniji. Taj slučaj je dosta čest. Ispitivanje konstrukcije ili dijelova konstrukcija imaju često zajedničke ravnine simetrije, bilo prema geometrijskoj formi ili prema sistemu zadanih vanjskih opterećenja.

POMOĆNI GRAFIKONI ZA ISPITIVANJE KRUŽNIH PRESJEKA

Ing. Zvonko Špringer, Zagreb

Pri razradi i dimenzioniranju većeg broja okruglih stupova za neku žičaru izrađeni su po zamisli i uputama dr. ing. O. Wernera pomoćni grafikoni, koje ovdje prikazujemo. Za dimenzioniranje okruglih presjeka postoje razne tabele i grafikoni, no ti grafikoni, za sumarna djelovanja, vrijede samo za određene pretpostavke, kao što je udaljenost armature od ruba presjeka, raspodjele armature po presjeku, broju **n** kao omjeru modula elastičnosti čelika i betona i t. d.

Kod razrade spomenutog projekta trebalo je dimenzionirati stupove s velikom razlikom momenata u raznim smjerovima, pa se ukazala potreba, zbog racionalnosti, da se u pojedinim slučajevima odustane od jednoliko po presjeku razdijeljene armature.

Razrađeni su pomoćni grafikoni, koji doduše ne daju odmah konačne rezultate za dimenzioniranje, ali se s njima može iteracijom vrlo brzo i jednostavno doći do dovoljno točnih rezultata. Pri tome je sam postupak pregledan, pa se može odmah uočiti uticaj pojedinih elemenata. Prikaz tog načina dimenzioniranja, t. j. kontrole nosivosti zadanog presjeka, podijelit ćemo u dva dijela, i to:

1. dimenzioniranje okruglog presjeka bez armature,

2. presjek s armaturom prstenasto razdijeljenom po presjeku ili koncentriranom na jednom mjestu.

1. Okrugli presjek bez armature

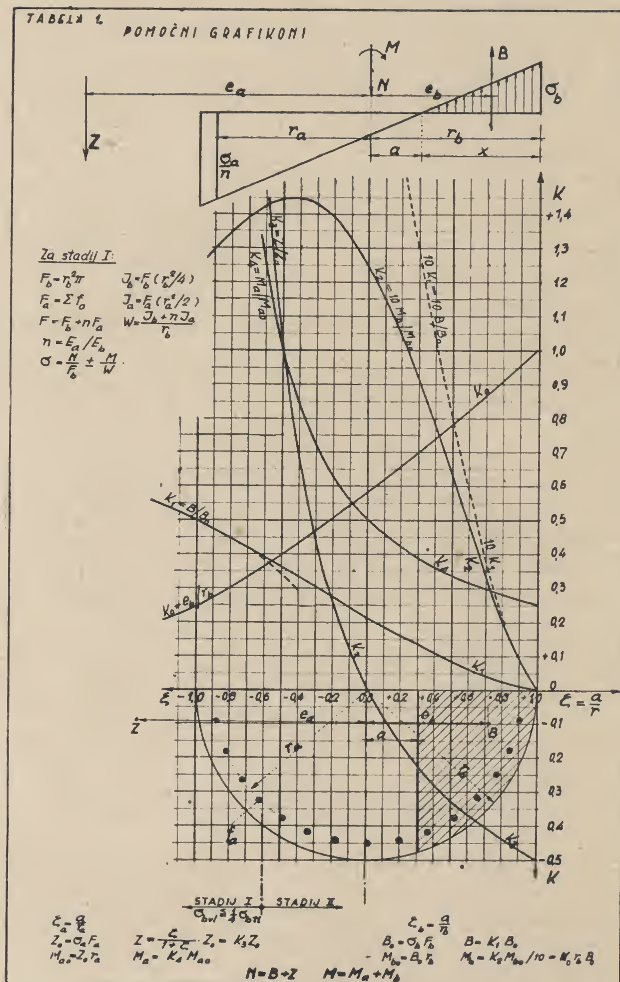
Kod pretpostavke o linearnoj raspodjeli napona dobivamo, za određeni položaj neutralne linije, raspodjelu napona u obliku kopitastog isječka valjka. U priloženoj tabeli sa grafikonima prikazuje krivulja K_0 položaj hvatišta rezultante tih napona (t. j. tog kopitastog isječka) u ovisnosti prema polumjeru presjeka, krivulja K_1 veličinu rezultante tih napona u ovisnosti prema najvećem rubnom naponu i ukupnom presjeku, a krivulja K_2 moment te rezultante oko središta presjeka.

Pri izradi tih grafikona poslužili smo se podacima iz »Beton-Kalender 1942 g.« str. 102, prilagodivši ih tom načinu dimenzioniranja.

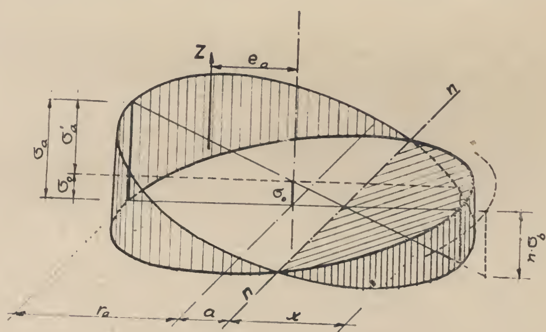
Prije svega prikazat ćemo postanak i upotrebu krivulja iz priložene tabele:

Krivulja $K_0 = e_b/r_b$ (vidi sliku) prikazuje reduciranu udaljenost hvatišta rezultante tlačnog dijela presjeka e_b od središta presjeka u ovisnosti o reduciranom položaju neutralne linije $\zeta_b = a/r_b$, gdje je **a** udaljenost neutralne linije od središta, a r_b polumjer presjeka betona.

Krivulja $K_1 = B/B_0$ prikazuje odnos veličine rezultante tlačnog dijela presjeka B za izvjestan položaj neutralne linije prema pomoćnoj računskoj veličini $B_0 = F_b \cdot \sigma_b$, gdje je $F_b = r_b^2 \cdot \pi$ površina presjeka betona, a σ_b najveći rubni napon.



Krivulja $K_2 = M_b/M_{bo}$ daje nam odnos veličine momenta savijanja M_b rezultante tlačnog dijela presjeka s obzirom na središte presjeka



prema pomoćnoj računskoj veličini $M_{bo} = B_o \cdot r_b$ za izvjestan položaj neutralne linije, t. j.

$$\frac{M_b}{M_{bo}} = \frac{B \cdot e_b}{B_o \cdot r_b} = \frac{B_o \cdot K_1}{B_o} \cdot \frac{e_b}{r_b} = K_o \cdot K_1 = K_2$$

S pomoću spomenutih triju krivulja možemo dimenzionirati sve moguće slučajeve ekscentrično opterećenog kružnog ili prstenastog presjeka uz uvjet, da presjek ne podnosi vlačno naprezanje, t. j. za betonski presjek, ako je $\sigma_{bvl} > 1/4\ \sigma_{btl}$ računano po stadiju II prema P.T. P. br. 3/1947. U tom slučaju, ako nam je zadana normalna tlačna sila N i moment savijanja M s obzirom na središte presjeka ili ekscentricitet sile **e**, možemo odmah odrediti maksimalni rubni napon i ujedno položaj neutralne linije. Položaj neutralne linije treba naime odrediti kod temelja, jer spomenuti propis traži da tlačni dio presjeka bude veći od polovine čitavog presjeka. Vidi primjer br. 1.

Za slučaj da presjek preuzima i vlačno naprezanje (za beton ako je $\sigma_{bvl} < 1/4\ \sigma_{btl}$) imamo dokaz napona prema formuli (1):

$$\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{M}{W} \qquad (1)$$

gdje je F površina presjeka, a $W = I/r = F \cdot r/4$ moment otpora presjeka.

Formula (1) važi i za armirani betonski radijalno simetrični presjek, no u tom slučaju treba za F i W uvrstiti reduciranu veličinu, s obzirom na učešće armature. Za taj slučaj navedene su u priloženoj tabeli potrebne formule za F i W, koje ovdje uzgred dajemo:

$$F_b = r_b^2 \cdot \pi \qquad F_a = \Sigma f_a \qquad (2)$$

$$n = E_a/E_b = 10 \text{ ili prema propisu}$$

$$F = F_b + n\,F_a \qquad (4)$$

$$I = I_b + n\,I_a \qquad (5)$$

$$W = I/r_b \qquad (6)$$

Kod prstenastih presjeka s polumjerom šupljine r'_b dobivamo:

$$F_b = (r^2_b - r'^2_b) \cdot \pi = F_b - F_b' \qquad (2a)$$
$$I_b = F_b \cdot r^2_b/4 - F'_b \cdot r'^2_b/4 \qquad (3a)$$
$$W_b = I_b/r_b$$

Primjer 1. Okrugao temelj, opterećen ekscentričnom normalnom silom **N.**

a) Presjek ne nosi na vlak.

Zadano: N = 120 t, promjer temelja d = 3,50 m,
M = 70 tm,
$F = 9{,}6\ m^2$, $e = M/N = 70/120 = 0{,}58$ m,
$K_o = e_b/r_b = 2 \cdot e/d = 0{,}58 \cdot 2/3{,}50 = 0{,}33$.

Iz dijagrama ja $K_o = 0{,}33$ očitavamo $K_1 = 0{,}42$, pa dobivamo:

$$\sigma = \frac{N}{K_1 \cdot F} = \frac{120}{0{,}42 \cdot 9{,}6} = 30\ t/m^2 = 3{,}0\ kg/cm^2.$$

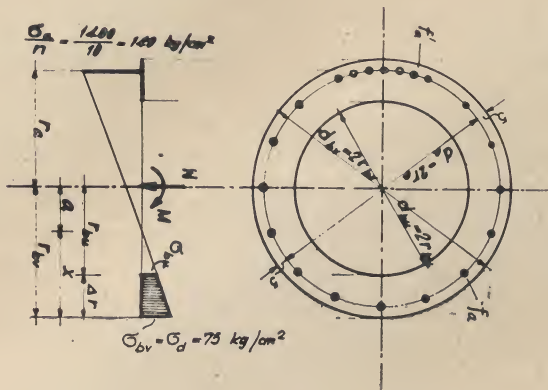
S obzirom na brzi postupak možemo iteracijom odrediti veličinu temelja tako, da naponi ostanu unutar određenih granica.

2. Okrugao presjek, jednoliko armiran po opsegu

Pretpostavit ćemo armaturu prstenasto raspoređenu po presjeku, tako, da za svaki položaj neutralne linije imamo približno simetričan raspored u presjeku, t. j. broj komada šipaka dovoljno je velik (veći od 8). U tom slučaju možemo ukupnu površinu svih šipaka u presjeku zamijeniti prstenom, čija je površina jednaka površini sviju šipaka:

$$F_a = \Sigma f_a \qquad (7),$$

pa je prema tome F_a ukupna površina čelika u presjeku.



Za prsten vanjskog promjera **D** i unutarnjeg promjera d je debljina prstena 2 δ = D — d, odn. d = D — 2 δ, te je

$$F \backsim D\delta\pi \qquad (8).$$

$$W = D^3 \frac{\pi}{32} \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right] \sim D^2 \delta \frac{\pi}{4} = F \frac{D}{4} \qquad (9).$$

Uvrstimo li za D = 2 · r_a i F = F_a = Σf_a, dobivamo:

$$W_a = \frac{r_a}{2} F_a \qquad (10).$$

Uz pretpostavku linearne raspodjele napona po presjeku dobivamo iz odnosa prema slici 1:

$$\sigma_0 = \sigma_a \frac{r_a}{r_a + a},$$

$$\sigma_a' = \sigma_a - \sigma_0 = \sigma_a \frac{r_a}{r_a + a}$$

$$Z = F_a \cdot \sigma_0 = F_a \cdot \sigma_a \frac{r_a}{r_a + a} \qquad (11),$$

$$M_a = W_a \cdot \sigma_a^1 = F_a \cdot \frac{r_a}{2} \sigma_a \frac{r_a}{r_a + a} \qquad (12).$$

Uvrstimo li u formule (11) i (12) izraze:

$$\zeta_a = \frac{a}{r_a} \qquad (13),$$

$$M_{ao} = F_a \cdot \sigma_a \cdot r_a = Z_0 \cdot r_a \qquad (15),$$

dobivamo:

$$Z = Z_0 \cdot \frac{\zeta_a}{1 + \zeta_a} \qquad (11a),$$

$$M_a = M_{ao} \frac{1}{2(1 + \zeta_a)} \qquad (12a).$$

Hvatište sile Z t. j. udaljenost od središta presjeka e_a odredimo iz prije izvedenih obrazaca:

$$e_a = \frac{M_a}{Z} = \frac{W_a \cdot \sigma_a'}{Z} = \frac{F_a \frac{r_a}{2} \cdot \sigma_a \frac{r_a}{a + r_a}}{F_a \cdot \sigma_a \frac{a}{r_a + a}} = \frac{r_a^2}{a} \qquad (16).$$

odnosno, uvrstivši (13),

$$e_a = \frac{r_a}{2} \cdot \frac{1}{\zeta_a} \qquad (16a)$$

Tu veličinu e_a praktički ne upotrebljavamo pri načinu dimenzioniranja o kome je riječ u ovome članku.

U priloženoj tabeli sa grafikonima prikazuje krivulja K_3 veličinu rezultante sila armature čitavog presjeka u ovisnosti od veličine Z_0 i položaja neutralne linije, dok nam krivulja K_4 prikazuje veličinu momenta armature oko središta presjeka u ovisnosti od veličine M_{ao} položaja neutralne linije.

Prije nego li prijeđemo na prikaz upotrebe tih krivulja, objasnit ćemo njihov postanak.

Krivulja $K_3 = Z/Z_0$ prikazuje

tok linije $y_1 = \frac{\zeta}{1 + \zeta}$, gdje je ζ = a/r, dok

nam **a** pretstavlja udaljenost neutralne linije od središta. Uz pomoćnu računsku veličinu prema

(14) $Z_0 = F_a \cdot \sigma_a$ možemo upotrebom koeficijenta K_3 za izvjestan položaj neutralne linije odrediti veličinu rezultante armature (vlačna ili tlačna) prema formuli (11a), pa dobivamo:

$$Z = Z_a \cdot K_3 \qquad (11b)$$

Krivulja $K_4 = M_a/M_{ao}$ prikazuje tok linije

$y_2 = \dfrac{\zeta}{2(1+\zeta)}$. Ako prema formulama (14) i (15)

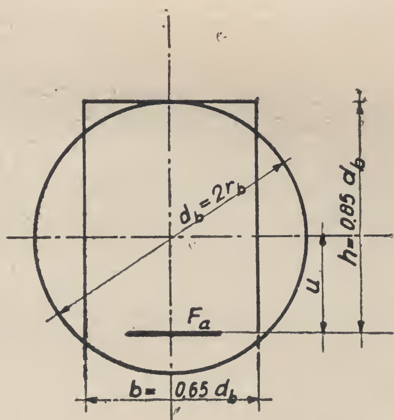
odredimo pomoćne veličine Z_0 i M_{ao}, s pomoću koeficijenta K_4 za izvjestan položaj neutralne linije odredili veličinu momenta rezultante sila prstenasto jednoliko razdijeljene armature po presjeku prema (12a):

$$M_a = M_{ao} \cdot K_4 \qquad (12b).$$

Iz prikazanoga se vidi, da možemo za zadani presjek odnosno armaturu (prstenasto jednoliko raspoređenu po presjeku), pretpostavivši rubne napone odnosno položaj neutralne linije, odrediti udio armature kod prenosa sile ekscentrično opterećenog kružnog presjeka.

Zajedničku upotrebu krivulja K_0 do K_4, prikazanih u prvom i drugom dijelu članka, odnosno sam postupak računanja pokazuju primjeri br. 2 i 3.

Na taj način možemo brzo kontrolirati kružno simetrične armirano betonske presjeke, usporedivši dobivene sile i momente sa zadanim veličinama. U slučaju da u jednom pokušaju ne dokažemo traženu nosivost presjeka, možemo brzo doći do cilja iteracijom t. j. ponavljanjem tog postupka, nakon promjene potrebnih elemenata.



Dešava se, da u jednom smjeru imamo znatno veći moment savijanja nego u ostalim smjerovima, pa se ukazuje potreba nesimetričnog armiranja betonskog presjeka odnosno mjestimičnog koncentriranja dodatne armature za taj smjer. Za taj slučaj potrebno je odrediti za dodatnu armaturu (redovito se radi samo o nekoliko komada šipaka) udaljenost težište armature e'_a od središta i napon u težištu σ_{a1} iz pretpostavljenih maksimalnih rubnih napona betona i čelika. Na taj način dobivamo za dodatnu armaturu:

$$Z' = F_{a1} \cdot \sigma_{a1} \qquad (17)$$

$$M' = Z' \cdot e'_a \qquad (18)$$

Postupak je detaljno prikazan u drugom dijelu primjera br. 3.

Na kraju spomenimo, da se prikazani grafikoni mogu upotrebiti i za dimenzioniranje kružnih presjeka opterećenih isključivo momentom savijanja ili ekscentričnom vlačnom normalnom silom.

P r i m j e r 2.: Treba dimenzionirati okrugli presjek stupa, ako je zadano (s obzirom na os stupa):

$M = 45$ tm, promjer stupa $d_b = 1{,}20$ m,
$N = 75$ t, dopušteni rubni naponi betona i armature $\sigma_a = 75/1400$ kg/cm².

Da bismo ustanovili napone za prvi pokušaj kontrole nosivosti presjeka, poslužit ćemo se ovim postupkom: Kružni presjek nadomjestit ćemo pravokutnim presjekom širine

$b = 0{,}65\ d_b$ i statičke visine
$h = 0{,}85\ d_b$, gdje je:
$d_b = 2 \cdot r_b$,
$b = 1{,}3 \cdot 0{,}60 \sim 0{,}8$ m,
$h = 1{,}7 \cdot 0{,}60 \sim 1{,}0$ m,
$u = 0{,}7 \cdot 0{,}60 \sim 0{,}4$ m,
$M_a = 45 + 0{,}4 \cdot 75 = 75$ tm,
$r = 0{,}33$, $\sigma = 64/1400$ kg/cm²,
$f_a = 60 - 75/1{,}4 = 7$ cm², 4 Ø 16.

Prvi pokušaj kontrole presjeka izvršit ćemo s rubnim naponima $\sigma = 60/1400$ kg/cm² i jednoliko razdijeljenom armaturom po opsegu iz 16 Ø 16 u udaljenosti od ruba 5 cm.

$F_b = 1{,}13\ m^2$, $\qquad F_a = \Sigma f_a = 32{,}2\ cm^2$,

$$x = \frac{\sigma_b}{\sigma_b + \dfrac{\sigma_a}{n}}(r_b + r_a) = \frac{60}{60 + 1400/10}(0{,}60 + 0{,}55) = 0{,}35\ m,$$

$a = r_b - x = 0{,}60 - 0{,}35 = 0{,}25$ m,
$\zeta_b = a/r_b = 0{,}25/0{,}60 = 0{,}42$.

Za tu vrijednost $\zeta_b = 0{,}42$ očitavamo sve potrebne koeficijente K_1 do K_4 iz dijagrama, pa imamo:

$B_0 = \sigma_b \cdot F_b = 600 \cdot 1{,}13 = 680$ t,
$Z_0 = \sigma_a \cdot F_a = 1{,}4 \cdot 32{,}2 = 45$ t,
$M_{bo} = B_0 \cdot r_b = 680 \cdot 0{,}60 = 408$ tm,

$M_{ao} = Z_o \cdot r_a = 45 \cdot 0{,}55 = 24{,}7$ tm,
$B = K_1 \cdot B_o = 1/10 \cdot 0{,}98 \cdot 680 = \mathbf{66{,}6}$ **t**,
$Z = K_3 \cdot Z_o = 0{,}29 \cdot 45 = \mathbf{— 13{,}0}$ **t**,
$M_b = K_2 \cdot M_{bo} = 1/10 \cdot 0{,}74 \cdot 408 = \mathbf{30{,}2}$ **tm**,
$M_a = K_4 \cdot M_{oa} = 0{,}35 \cdot 24{,}7 = \mathbf{8{,}7}$ **tm.**

Ukupno:

$N = B + Z = 67 — 13 = \mathbf{54}$ **t**,
a traži se $N = 75$ t;
$M = M_b + M_a = 30{,}2 + 8{,}7 = \mathbf{39}$ **tm**,
a traži se $M = 45$ tm.

Budući da nam je dobivena normalna sila N manja od zadane, a momont raste s povećanjem sile N, bit će dovoljno povećati samo rubni napon betona uz isti napon armature i broj šipaka.

Odaberemo li $\sigma = 70/1400$ kg/cm² i prevedemo li ponovno kontrolu, dobivamo:

$$x = \frac{70}{70 + 140}(0{,}60 + 0{,}55) = 0{,}38 \text{ m},$$

$$\zeta_b = \frac{0{,}60 — 0{,}38}{0{,}60} = 0,37.$$

Za tu novu vrijednost $\zeta_b = 0{,}37$ očitavamo ponovno sve potrebne koeficijente K, pa dobivamo:

$B_o = 700 \cdot 1{,}13 = 790$ t,
$Z_o = 1{,}4 \cdot 32{,}2 = 45$ t,
$M_{bo} = 790 \cdot 0{,}60 = 47{,}5$ t,
$M_{ao} = 45 \cdot 0{,}55 = 24{,}7$ tm,
$B = 0{,}11 \cdot 790 = \mathbf{87}$ **t**,
$Z = — 0{,}27 \cdot 45 = \mathbf{— 12}$ **t**,
$M_b = 0{,}18 \cdot 47{,}5 = \mathbf{38}$ **tm**,
$M_a = 0{,}35 \cdot 24{,}7 = \mathbf{9}$ **tm.**

Ukupno:

$N = 87 — 12 = 75$ t, a traži se $N = 75$ t;
$M = 38 + 9 = 47$ tm, a traži se $M = 45$ tm.

Presjek zadovoljava. Za zadanu normalnu tlačnu silu i moment s obzirom na središte presjeka, naponi betona i armature bit će $\sigma < 70/1400$ kg/cm².

P r i m j e r 3.: Treba dimenzionirati stup prstenastog presjeka, ako je zadano (s obzirom na os stupa):

$$M = 60 \text{ tm i } N = 45 \text{ t}$$

u jednom smjeru, dok je za ostale smjerove M manji.

Dopušteni rubni naponi betona odnosno armature = 75/1400 kg/cm². Dimenzije presjeka označene su na slici br. 3.

$r_{bu} = 0{,}40$ m, $F_{bu} = 0{,}50$ m²,
$r_{bu} = 0{,}60$ m, $F_{bv} = 1{,}13$ m².

Jednoliko po opsegu razdijeljena armatura 16 ⌀ 20 (na slici označeno punom točkom) i betonski presjek određen za M i N u ostalim smjerovima.

$F_a = \Sigma f_a = 50{,}2$ cm², 75

$$x = \frac{75}{75 + 1400/10}(0{,}60 + 0{,}55) = 0{,}40 \text{ m}, \quad a = 0{,}20 \text{ m}$$

$$\zeta_b = \frac{0{,}60 — 0{,}40}{0{,}60} = 0{,}33,$$

$\sigma_{bv} = \sigma = 75$ kg/cm³,

$$\sigma_{bu} = \frac{x — r}{x}\sigma_{bv} = \frac{0{,}40 — 0{,}20}{0{,}40} 75 = 38 \text{ kg/cm}^2,$$

$B_{ov} = 750 \cdot 1{,}13 = 850$ t,
$M_{bov} = 850 \cdot 0{,}60 = 510$ tm,
$B_{ou} = 380 \cdot 0{,}50 = 190$ t,
$M_{bou} = 190 \cdot 0{,}40 = 76$ tm,
$B_o = B_{ov} — B_{ou} = 850 — 190 = 660$ t,
$Z_o = 1{,}4 \cdot 50{,}2 = 70$ t,
$M_{bo} = M_{bov} — M_{bou} = 510 — 76 = 434$ tm,
$M_{ao} = 70 \cdot 0{,}55 = 38{,}5$ tm.

Za vrijednost $\zeta = 0{,}33$ očitavamo sve potrebne koeficijente K, pa dobivamo:

$B = 0{,}12 \cdot 660 = 79$ t,
$Z = — 0{,}25 \cdot 70 = — 18$ t,
$M_b = 1/10 \cdot 0{,}87 \cdot 434 = 38$ tm,
$M_a = 0{,}38 \cdot 38{,}5 = 14$ tm.

Ukupno:

$N = 79 — 18 = 61$ t; traži se $N = 45$ t;
$M = 38 + 14 = 52$ tm; traži se $M = 60$ tm.

Uz prije određenu armaturu i dopuštene rubne napone dobili smo nešto veću normalnu silu nego što se traži, no dobiveni moment je manji od zadanog. Da bi zadani presjek mogao preuzeti taj iznimno veći traženi moment, dodat ćemo posebnu armaturu na strani gdje imamo najveći vlačni napon uslijed zadanog momenta $M = 60$ tm.

Dodamo li 4 ⌀ 20 (na slici označeno praznom točkom), udaljenost težišta dodane armature do središta iznosi $r'_a \sim r_a$, pa je prema tome $\sigma'_a = \sigma_a$, odnosno:

$\Sigma f_a = 12{,}5$ cm²,
$Z' = 1{,}4 \cdot 12{,}5 = 17$ t,
$M'_a = 17{,}5 \cdot 0{,}55 = 10$ tm.

Konačno imamo ukupno:

$N = 61 — 17 = 44$ t, a traži se $N = 45$ t i
$M = 52 + 10 = 62$ tm, a traži se $M = 60$ tm.

Presjek zadovoljava. Za zadani moment i normalnu tlačnu silu naponi betona i armature bit će

$$\sigma < 75/1400 \text{ kg/cm}^2.$$

IZ INOZEMNIH ČASOPISA

HIDROELEKTRANA OTTMARSHEIM — DRUGA DIONICA VELIKOG ALZAŠKOG KANALA

(Le Génie Civil, Paris, januar i februar 1953)

Veliki alzaški kanal, duž Rajne od švicarske granice ispod Basela do Strasbourga, imat će ukupnu dužinu 125 km i služit će u plovne i energetske svrhe. Na njemu će biti podignuto 7 hidroelektrana, svaka od 150 000 do 200 000 kW, koje će proizvoditi ukupno preko 6,5 milijardi kWh godišnje.

Prva stepenica, H. E. Kembs, stavljena je u pogon 1932 godine. Druga, H. E. Ottmarsheim, predana je u (djelomičnu) upotrebu u jesen 1952 godine (vidi sl. 1).

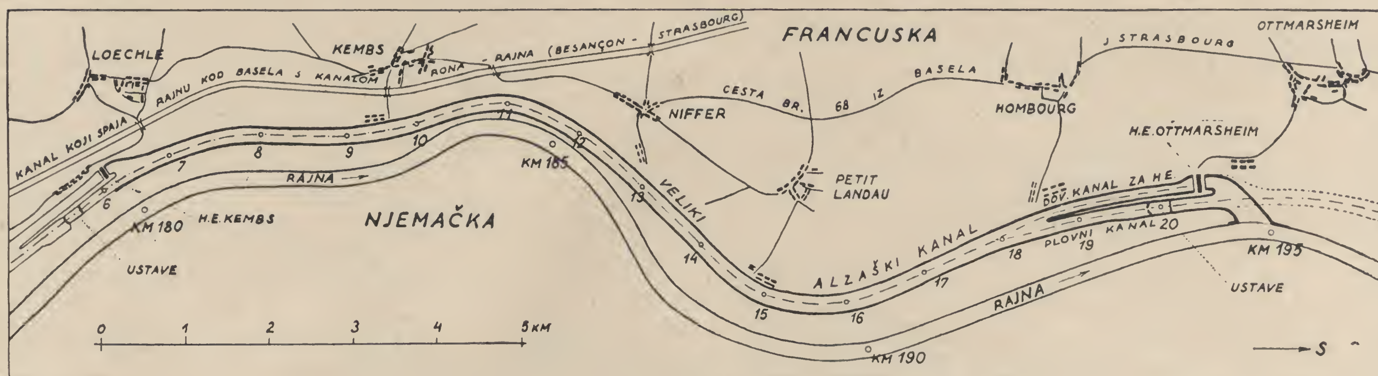
Svi radovi su vršeni u suhom. Kanal je držan u suhom izravnom drenažom u Rajnu, a kod izrade objekata upotrebljene su crpke.

Presjeci kanala vide se na slici 2. Brzina vode u kanalu ne prekoračuje 1,20 m/sec.

Između km 14 i 15 izveden je na desnom nasipu kanala preljev dug 1000 m, sa kotom 0,5 m iznad normalne vode.

Količine radova na kanalu su iznosile:

iskop	17 874 000 m^3
nasip	6 666 000 „
beton	279 000 „



Slika 1. Tlocrt druge dionice Velikog alzaškog kanala sa centralom Ottmarsheim

Svaka od njih proizvodit će oko 1 milijardu kWh godišnje.

Dužina druge dionice je oko 14,5 km, a njezin prosječan pad bit će u definitivnom stanju — kad se dovrši i treća dionica — 14,70 m (zasada je veći).

Hidrološki podaci za centralu Ottmarsheim su ovi:

oborinsko područje (od toga 1000 km^2 jezera i 700 km^2 glečera)	35 930 km^2
oborinski modul	29,5 l/km^2
maksimalna normalna potrošnja	1080 m^3/sec
srednje godišnje vrijeme pogona	155 dana
provizorni brutto pad (s izljevom u Rajnu)	16,40 m

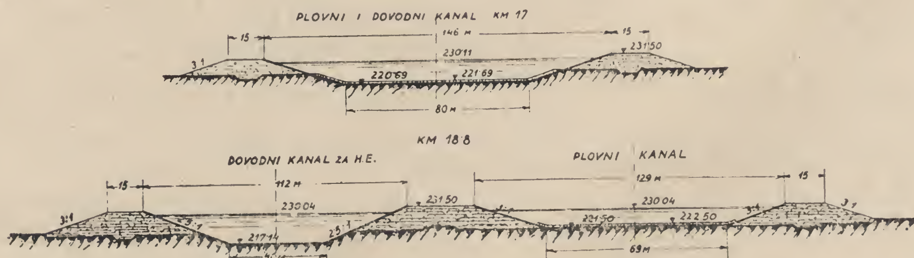
Svi objekti su podignuti u aluvijalnim nanosima 10—35 m debljine, koji leže na sivim laporima, a prekriveni su zemljom crnicom ili finim pijeskom debljine 0,5 do 3 m.

Zemljoradnje su vršene u znaku tehničke evolucije. Kod prve etape, prije 20 godina, dominirali su ugljen, para i kolosjeci. Sada su ih zamijenili nafta, električna struja i vozila na pneumaticima. Mehanizacija je bila najtežeg kalibra, većinom američkog porijekla:

- 3 kopačice sa vedrom za privlačenje (draglines, čit. dreglajnz) sadržine 7,5 m^3, akcioni radius 50 m,
- 1 kopačica sadržine 3,75 m^3,
- 18 kopačica i mehaničkih lopata sadržine 1 do 3 m^3,
- 63 kipera vučena traktorima,
- 31 kamion — kiper,
- 12 skrejpera,
- 19 buldozera i t. d.

Najveći efekt rada postignut je u 1950 godini (dokad je stigla sva mehanizacija) i iznosio je 8 760 000 m^3 iskopa.

Kosine kanala na unutrašnjoj strani obložene su na prvih (uzvodnih) 8 km slojem običnog betona debljine 13 cm, izvedenim na licu mjesta. Spojnice dijele oblogu



Slika 2. Poprečni presjeci dovodnog plovnog i pogonskog kanala

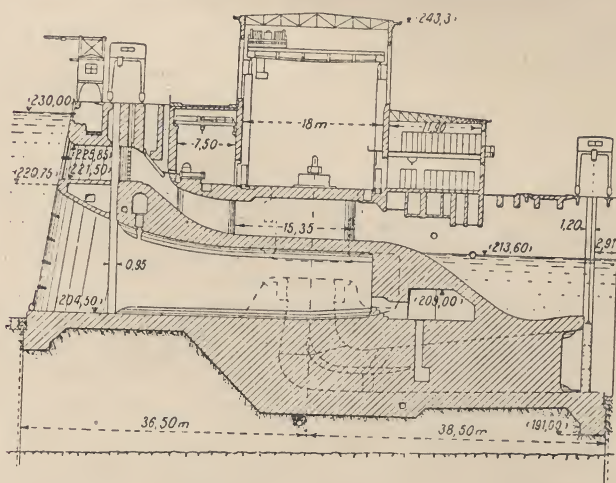
na četverokute 5/6,75 m. U dijelu obloge, koji je stalno pod vodom, spojnice su zalivene cementnim mortom, a u gornjem dijelu plastičnom mješavinom na bazi bitumena. Na prvih desetak kilometara kanala izvedeno je dno kanala iz sloja ilovastog pijeska nabijenog ježevima i valjcima s pneumaticima. Između km 11 i 14 povećana je nepropusnost na taj način da je između dva sloja ilovastog pijeska nanešen sloj bentonita 2 kg/m^2. Rezultati postignuti s bentonitom, iako su u izvjesnoj mjeri bili ovisni o atmosferskim prilikama za vrijeme izvedbe, uglavnom su dobri (kao što je poznato, bentonit ima svojstvo da u prisustvu vode povećava volumen, a pri tom ostaje nepropustan).

Na nizvodnih 6 km kanala (gdje kanal leži većinom u nasipu i prijete veći gubici vode) oblaganje kosina provedeno je prefabriciranim pločama od armiranog betona veličine 3/7,5 m, debljine 9 cm, rađenim vakuum postupkom, a oblaganje dna prostim betonom 15 cm debljine, koji je naknadno prekriven slojem šljunka 1 m debljine, da bi lađe mogle spuštati sidra.

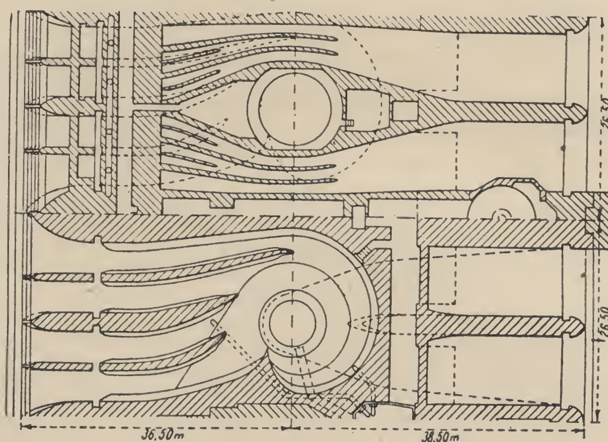
Hidroelektrana je građena za maksimalnu količinu vode 1160 m^3/sec, ima 4 agregata po 40 000 kW. Zgrada je u tlocrtu velika 145/75 m.

Turbine su sistema Kaplan, normalne snage 50 800 KS, što odgovara protoku vode 270 m^3/sec i čistom padu od 15,70 m.

Važno je pitanje održanja konstantnog protoka vode kanalom za slučaj naglih promjena opterećenja turbina, i to s obzirom na to da kanal služi i plovidbi, pa bi talasanje vode u kanalu moglo da ugrozi plovidbu, kao i s obzirom na održanje nesmetanog pogona ostalih centrala (uzvodne u Kembsu i budućih nizvodnih). Rješenje je bilo otežano time što centrala leži poprijeko na tok vode i zatvara cijelu širinu kanala, pa nije bilo moguće izvesti normalni preljev. Zato su kanali za reguliranje protoka vode provedeni kroz tijelo same elektrane iznad spiralnog dovoda na turbine (vidi sliku 3 i 4). U svemu su izvedena 24 odvojena kanala za reguliranje, svaki sa svojim automatskim zatvaračem. Zatvarači su metalni poklopci, širine 2,80 m, visine 3,80 m, a pokretani su oko horizontalne osi. Zatvarači mogu biti ili posve zatvoreni ili posve otvoreni, a ne mogu se regulirati, t. j. održavati u nekom srednjem položaju. U slučaju da opterećenje jedne turbine naglo spadne za 20% (ili opterećenje svih 4 turbina za 5%), otvara se automatski u roku 15 sekundi 1 zatvarač. Ako jedna turbina posve prestane raditi, otvara se 5 zatvarača, a ako bi sve turbine odjednom prestale raditi, otvara se 20 zatvarača (četiri kanala služe kao rezerva). Na promjene opterećenja manje od 20% od snage jedne turbine, odn. manje od 5% od snage cijele



Slika 3. Poprečni presjek centrale kroz jedan od kanala za automatsko reguliranje protoka



Slika 4. Tlocrt dijela centrale u visini kanala za reguliranje protoka (gore) i u visini turbinske komore (dolje)

grupe turbina, zatvarači ne reagiraju. Zatvarači se otvaraju pod tlakom protječuće vode, a zatvaraju s pomoću servomotora sa uljem.

U članku je i lijep opis vrlo uspjelog rješenja uređaja za plovidbu, kao i mašinskih i električnih uređaja.

B. P.

PRIJENOS BETONA SISALJKAMA

Sisaljke su se upotrebljavale za prenašanje betona kod izvedbe armiranih betonskih konstrukcija u zgradarstvu vrlo rijetko. U američkom časopisu »Concrete« od mjeseca studenog 1936 opisao je inženjer Perliter gradnju zgrade za tvrtku May & Co u Los Angelesu. To je bila čista armirana betonska konstrukcija, gdje se beton s pomoću sisaljki prenosio na mjesto ugradbe.

Upotreba sisaljki za prijenos betona imala je u Americi postepeni i dugi razvitak. U većoj mjeri upotrebljen je taj način prijenosa betona prvi put godine 1932 kod gradnje čuvenog »Boulderdam«-a, gdje je količina betona, koja se morala prenositi, iznosila nešto oko 191 000 m^3. Kod gradnje mosta San Francisko—Oakland preneseno je pri izvedbi stupova s pomoću sisaljki 575 000 m^3 betona. Metropolitan Water District of Southern California izveo je različitih vodovodnih tunela sa ukupno 458 000 m^3 betona, koji je sisaljkama prenošen.

Iskustva stečena tokom raznih gradnja skupljena su i upotrebljena, tako da danas inženjerima i poduzetnicima u Americi stoji na izbor oprema za prijenos betona pomoću sisaljki, koja zadovoljava načela valjanog prijenosa betona. Zato je i razumljivo, da je to sredstvo primijenjeno i kod prijenosa betona na zgradama. Prva velika zgrada u Los Angelesu, kod čijeg se građenja prenosio beton s pomoću sisaljki, je 17-rokatnica Pošte sa 38 200 m^3 betona.

Zgrada tvrke May & Co, koja je izvedena 1946, trokatnica je na površini od 61×122 m. Sama zgrada je temeljena na 1500 komada čeličnih cijevnih šipova ispunjenih betonom. Čitava konstrukcija uključivši temelje, podrum, stropove, obodne zidove i krovne ploče, izvedena je kao armirani beton. Količina betona, koji se trebao ugraditi, iznosila je 11 500 m^3.

Beton je priređivan u betonarnici, koja se nije nalazila na gradilištu, pa je pomoću pokretnih miješalica prenošen na samo gradilište i dostavljan u pomoćnu mješalicu. Ta pomoćna miješalica bila je postavljena točno iznad sisaljke. Sisaljka je gurala beton cijevnim vodom ∅ 20 cm do mjesta ugradbe. S obzirom na malu potrošnju pogonske energije uzeta je jedna vodoravna klipna sisaljka tt. Chain Belt Company of Milwaukee.

Cijevni vod se sastojao od pojedinih cijevi duljine 3 m, koje su se spajale s pomoću naročite brze i jednostavne spojnice, izrađene na samoj cijevi. Umetanjem odgovarajućeg broja zavoja i kratkih ravnih komada cijevi bilo je moguće produljiti cjevni vod prema potrebama na sve strane i na sva mjesta. Sam cijevni vod ležao je na drvenim nogarima, koji su bili položeni izravno na oplatu ploče.

Uspoređenje tog načina prenošenja betona sa ostalima, pokazuje, da je on daleko najjeftiniji. Prijenos jednog kubičnog metra betona stajao je 1,3 centa ili, po današnjem službenom valutnom kursu, 3,90 deviznih dinara. Za rad oko sisaljke bila su potrebna dva radnika, a za brigu o cijevnom vodu i samu ugradbu bilo je potrebno daljnjih 13 radnika.

Maksimalni učinak tog načina prijenosa betona na zgradi tt. May & Co iznosio je za jednu smjenu od 10 sati rada 310,50 m^3. Najveća duljina transportiranja iznosila je 146 m, a najveća visina 12 m. Prema stečenim iskustvima može se za 8 radnih sati, kod tog načina prijenosa računati s učinkom od 150—190 m^3, što zavisi od duljine cijevnog voda, visine na koju se prenosi i o složenosti same trase cijevnog voda, kao i od kvalitete mase betona.

Niska cijena tog načina prijenosa uglavnom je zavisna od organizacije gradilišta. Cijevni vod treba nastojati položiti što je moguće kraće. Najudaljenija mjesta betoniranja u jednom tlocrtu treba nastojati izbetonirati prije glavnog betoniranja. Isto tako treba nastojati da se što više smanji broj skidanja i namještanja zaključnog komada, jer se kod svakog skidanja odnosno namještanja mora obustaviti rad sisaljke. Kod postave nogara mora se paziti, da one leže na čvrstoj podlozi, a ne na svježem betonu ili labavoj podlozi. Treba nastojati da se po mogućnosti izbjegavaju zavoji u trasi cijevnog voda, jer jedan zavoj od 90° stvara isto toliko trenje, kao prav cijevni vod duljine 12,20 m. Naročito se brižno moraju postaviti zavoji na nogare, pa ove treba dobro usidriti s obzirom na postrano pomicanje.

Prije samog početka rada mora se cijevni vod podmazati. U tu svrhu upotrebljava se cementni mort, koji se sastoji od jednog dijela cementa i tri dijela pijeska. Jedan kubični metar morta dostaje da se podmaže 400 m cijevnog voda. Iza tog morta mora se kroz sisaljku pustiti otprilike 0,50 m^3 žitkijeg betona prije nego što će se započeti sa normalnim betonom.

Isto je tako uzdržavanje postrojenja vrlo važno za nesmetani i stalni rad, a time i za stalno proticanje betona. Prije nego što se poduzme glavni pregled postrojenja, može se prenijeti otprilike 40 000 m^3 betona. Istrošenje na postrojenju može se primijetiti tek nakon te količine. Trošenje cijevi zbog male brzine kretanja betona vrlo je malo. Čišćenje cijevnog voda potrebno je samo kod prekida. Čišćenje se polučuje provlačenjem smotka vlažne juta krpe (cementne vreće) i zapušača sa gumenim brtvilom, koji se tlačenjem vode ili zraka protjeruje kroz cijevni vod. To tlačenje vrši sama sisaljka. Sama sisaljka čisti se samo ispiranjem vode.

Plastičnost betona kod tog načina transportiranja ima vrlo velik značaj. Preporučuje se upotreba betona sa uvučenm zrakom. Povećanje plastičnosti betona postiže se i upotrebom veće količine vode kod izrade betona, ali se time ujedno povećava mogućnost segregacije i pogoršava kvalitet betona (visoki vodocementni faktor!). Pravilnom primjenom betona sa uvučenim zrakom poboljšava se ugradivost bez osjetljive štete po kvalitet betona. Kod pravilnog izbora sredstva za aerizaciju betona može se i zemljovlažan beton ovim načinom prenositi.

Isto je tako važan izbor agregata za beton. Kao loši agregati važe takovi koji su porozni, kao na pr. šljaka, pečena glina, nadalje drobljenac s velikim i oštrobridnim plohama. Porozni agregati su zato nepovoljni, jer za vrijeme kretanja mase voda iz betona uslijed tlaka sisaljke ulazi u pore poroznog materijala, što čini masu betona suhljom, a time i krućom (manje plastičnom), što onda neminovno dovodi do začepljenja u cijevnom vodu. Dobri rezultati kod prijenosa postižu se sa betonom koji je izrađen od prirodnog (riječnog) agregata. Granulometrijska krivulja kamenog agregata mora biti jednolična i ne smije biti sastavljena od strmih usječaka. Beton s isprekidanom granulacijom ne preporučuje se prema tome kod tog načina prijenosa. Beton mora bezuvjetno sadržavati dovoljno finih zrnaca agregata. Kod dobro granuliranog betona bit će krupna zrna prilikom prijenosa gurana u sredini cijevnog voda i razdvajanje betonske mase (segregacija) ne će se opaziti. Loši agregati ne će moći biti gurani kroz cijevni vod ni kod tako velikog tlaka. Kod gradnje zgrade za tt. May & Co bio je kao sredstvo za aerizaciju betona upotrebljen »PLASTIMENT«, proizvod Sika Chemical Corporation Porsaic, N. Y., U. S. A. Dodatkom plastimenta olakšao se prijenos betona uz istovremeno smanjenje vode u betonu.

M .F.

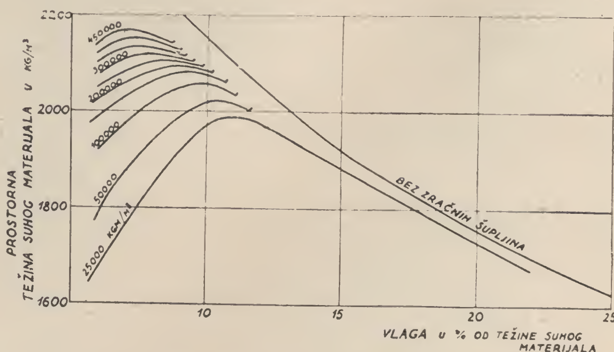
STROJEVI ZA NABIJANJE ZEMLJE

(La Technique Moderne-Construction, Paris, februar i mart 1953)

U članku pod gornjim naslovom rečeno je u časopisu Construction uglavnom sve što na gradilištu treba znati o metodama i strojevima koji su danas u upotrebi kod nabijanja zemlje. Članak je jedan u nizu vrlo uspjelih članaka o suvremenoj mehanizaciji, koje je objavio taj časopis. Dosada su izašli članci o strojevima za izvedbu zemljoradnja i o transportnim sredstvima. Sve članke objavit će poznata izdavačka kuća Dunod i zasebno. Prvi svezak je već štampan.

Na suvremenim gradilištima zemljanih brana upotrebljavaju se tri grupe strojeva za nabijanje zemlje: ježevi, vibrirani valjci i valjci s gumama. Svi ti strojevi su se razvili u S. A. D. Ježevi su se pojavili prvi (u 1922 god.), druge dvije grupe strojeva su u potrebi tek nekoliko godina.

Uspjeh nabijanja ovisi o količini rada utrošenog kod nabijanja i o vlažnosti materijala koji se nabija. Slika broj 1 prikazuje rezultate nabijanja istog zemljanog materijala raznim energijama (između 25 000 i 450 000 kgm/m^3 ili između 0,1 i 1,7 KS sati/m^3) i uz razne vlažnosti nabijanog materijala. Iz slike je vidljiva presudna važnost pravilne vlažnosti materijala. Ako je materijal previše suh ili suviše vlažan, postižu se vrlo slabi rezultati. Optimalna vlažnost je to manja, a rezultati nabijanja to bolji, što je jače nabijanje. Iz prednjeg proizlazi s jedne strane neophodnost stalne kontrole vlažnosti nabijanog materijala, a s druge strane težnja za povećanjem energije nabijanja, dakle i veličine strojeva.

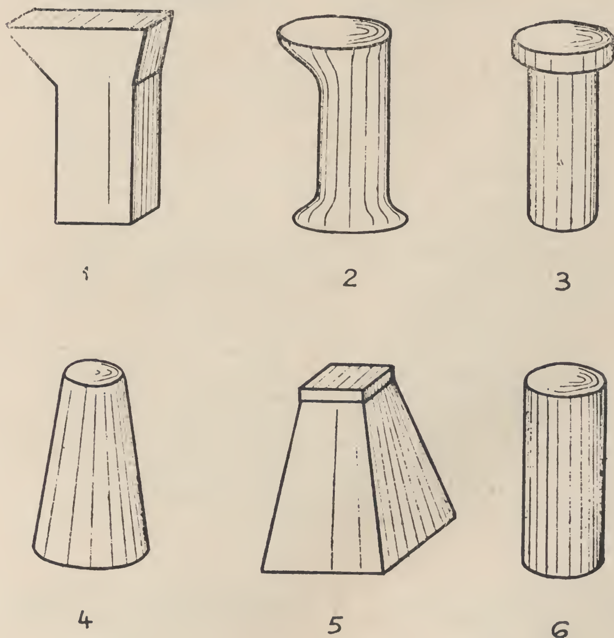


Slika 1. Snop krivulja koje prikazuju do koje mjere se zbije isto tlo, ako se nabija energijama koje variraju između 25 000 i 450 000 kgm/m^3 i uz razne vlažnosti

Ježevi

Jež ili valjak s kozjim nogama sastoji se od valjka, na koji su pričvršćene »bodlje« ili »noge«, i iz okvira sa rudom za spoj sa pogonskim strojem (obično traktorom).

Valjak je od čeličnog lima 15 do 30 mm debljine, šupalj je, i može se napuniti balastom (vodom ili pijeskom). Često su i na okviru pričvršćeni rezervoari za punjenje balastom.



Slika 2. Razni oblici bodlji (noga) ježa

Noge (bodlje) najčešće su zavarene na lim valjka. Dužine su 18 do 23 cm, a mogu biti raznih oblika (slika 2). Kod nekih strojeva noge nisu zavarene na valjak, već se mogu skidati (na pr. radi lakšeg transporta) i mijenjati (i tako upotrebiti noge raznog oblika i sl.). Noge ne smiju biti preblize jedna drugoj. Ako su suviše guste, ne postizava se dobro nabijanje. Gornjom granicom se smatra 10—12 noga na 1 m² površine valjka.

Ježevi se mogu po veličini podijeliti u tri grupe. Prvu grupu čine ježevi srednje veličine s ovim glavnim karakteristikama:

promjer valjka (bez bodlji)	1 m,
širina valjka	1,2 m,
dužina bodlji (noga)	18 cm,
težina na radu	2 do 4 tone.

Teški ježevi imaju ove karakteristike:

promjer valjka (bez bodlji)	1,5 m,
širina valjka	1,5 m,
dužina bodlji (noga)	23 cm
težina na radu	8 do 14 tona.

Naročito teški ježevi imaju težinu na radu do 27 tona.

Ježevi se rijetko upotrebljavaju pojedinačno. Obično se kombiniraju po 2, 3 ili 4 ježa u jednu zapregu, koju vuče traktor gusjeničar.

Debljina slojeva koji se valjaju mora biti približno jednaka ili najviše do 20% veća od dužine bodlji (noga). Valjanje počinje zabadanjem pojedinih bodlji, koje posve propadaju u zemlju. Postepeno se zemlja zgušćuje i, ako su pravilno odabrani tip i težina ježa, zemlja će poslije 15 do 16 prelaza biti dovoljno uvaljana, noge će propadati u zemlju tek nekoliko centimetara, a daljnje valjanje je neekonomično. Ako bi i poslije većeg broja prelaza noge stalno propadale u zemlju, treba (barem na početku valjanja) smanjiti balast ili upotrebiti ježeve sa drugim oblikom bodlji.

Brzina kretanja ježeva čini se da nema velikog utjecaja na kvalitet izvršenog rada. Kako usporedo s povećanjem broja prelaza ježa opada otpor protiv valjanja, teoretski je ispravno (da bi se iskoristila sva snaga traktora), da se postepeno, prema broju izvršenih prelaza ježem, uvećavaju brzine.

Energija utrošena na nabijanje približno se može izračunati iz formule:

$$C = \frac{n.F}{e.p} \text{ kgm/m}^3$$

Pri tom znači **n** broj prelaza ježa,

F prosječna sila vuče (koja se može izmjeriti dinamometrom ukopčanim između ježa i traktora),

e širina pojasa nabijenog ježem,

p debljina nabijenog sloja poslije nabijanja.

Energija se može približno ustanoviti i iz potrošnje goriva. Srednja vrijednost iznosi 300 g plinskog ulja za 1 KS sat (= 270 000 kgm).

Valjci sa gumama

Dugo vremena su ježevi dominirali na gradilištima. U zadnjih nekoliko godina pojavila se ozbiljna konkurencija: valjci s pneumatik gumama. Međutim, svaki od tih strojeva ima i svoju domenu optimalnog učinka. Valjci su pogodniji za zrnasta tla; kod ilovastog tla oni zaostaju za ježevima.

Valjci se sastoje od čeličnih limenih sanduka, koji su montirani na kotačima s pneumatik gumama. Najčešće ih vuku traktori, ali ih ima i sa vlastitim pogonom. Sanduci se pune balastom (vodom, pijeskom ili komadima livenog željeza).

Kod izbora sistema i kupovine valjka treba paziti:

da li se ukupan teret valjka raznosi podjednako na sve kotače valjka, bez obzira na neravnosti i nejednake nosivosti tla (da bi se to postiglo postoje razni, često patentirani, sistemi: dvojni oscilirajući kotači, podioba sanduka na više elemenata, izjednačenje tereta pomoću užeta i vitla i sl.);

da li se u slučaju kvara gume i sl. mogu lako demontirati pojedini kotači.

Valjci se dijele u tri grupe:

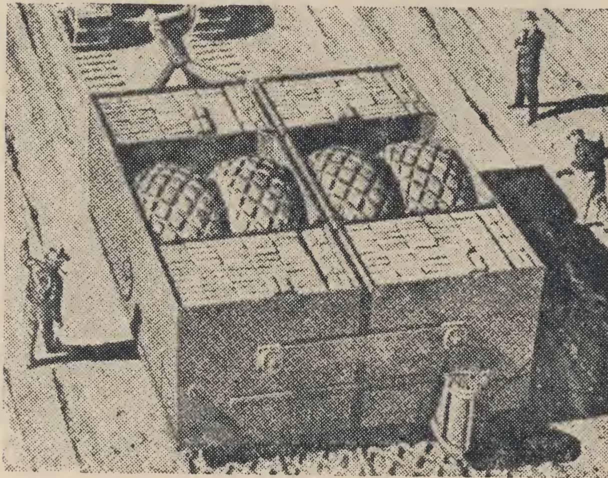
Srednji valjci teški su 5 do 15 tona, imaju veći broj kotača (6 do 13). Gume su im obično veličine 7,5×15. Njima se vrši valjanje zemlje u srazmjerno tankim slojevima (desetak centimetara). Upotrebljavaju se kod gradnje cesta ili za završno valjanje (izravnanje) nasipa.

Teški valjci imaju bez balasta težinu 11 do 14 tona, a sa balastom 45 do 50 tona. Obično imaju po 4 kotača sa gumama 18,00×24. Sanduk je ili od jednog bloka ili je podijeljen na 2 ili 4 sanduka (slika 3). Ti se valjci rabe svuda: na nasipima i branama, avionskim pistama i putevima.



Slika 3. Valjak marke Southwest od 50 tona

Treća grupa su gorostasni valjci, težine 100 do 200 tona (slika 4). Zasada se upotrebljavaju rjeđe (na pistama i sl.).



Slika 4. Valjak marke Porter od 200 tona

Redovno je dovoljno da valjak pređe preko jednog sloja 6—10 puta (3—5 puta tamo i natrag) da bi ga posve uvaljao. Najpovoljnija debljina sloja za valjanje iznosi za teške valjke 30 do 50 tona, a mora se prethodno ustanoviti pokusima. Ona je ovisna o teretu koji se prenosi na pojedine kotače i o tlaku do koga su gume napumpane (taj tlak se kreće za srednje valjke između 1,5 do 4.5 kg/cm^2. Tlak na tlo jednak je približno tlaku do koga su napumpane gume, dakle je mnogo niži nego tlak od bodlji ježa. Ali i način djelovanja je drugačiji nego kod ježa. Valjak sa gumama ne gnječi i ne buši tlo, on ne miješa čestice tla, već ih komprimira, ne dirajući bitno u njihov uzajamni položaj. Djelovanje valjka sastoji se u konsolidaciji tla onakvog kakvo je, i zato ne smije to djelovanje trajati suviše kratko vrijeme. Što je valjak teži, to sporije se mora kretati. Za uspjeh rada s valjkom sa gumama od presudne je važnosti u kojoj je mjeri realizirano izbalansiranje tereta na kotače. Ako ono nije postignuto, mogu ostati pojedine zone sloja zemlje nedovoljno nabijene i tlo ne će imati homogenu gustoću.

Vibrirani valjci

Glavna prednost vibriranja je u tom, što se sa ne preglomaznim strojevima i uz malu pogonsku snagu postizava velika kompaktnost tla. Glavni nedostatak je taj, da mnoge vrste tla nisu dobri vodiči vibracija, što ograničava efekt nabijanja. Zrnasta tla su najpogodnija za taj način rada, ali je navodno potrebno da tlo i vibrator budu iste resonancije. Zato vibratori nekih strojeva mogu da mijenjaju frekvenciju. Težine vibriranih valjaka kreću se između 1 500 i 27 000 kg, a frekvencija vibracija između 700 i 4 500 na minutu (što je stroj teži, to niža je frekvencija). Ti su strojevi još u razvitku (ovo, uostalom, vrijedi za sve strojeve za nabijanje).

B. P.

VIJESTI IZ DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA NRH

Održana je osnivačka skupština Podružnice DGITH Zagreb, na kojoj je izabran Upravni odbor Podružnice. Za predsjednika Podružnice je izabran ing. Nikola Marić, za tajnika ing. Eugen Ehrlich, a za blagajnika grad. Zvonimir Mekinda.

*

Upravni odbor Društva je sastavio budžet Društva sa ukupnim predviđenim prihodima u iznosu od 218.000 Din i ukupnim rashodima u iznosu od 158.000 Din. Rashodi su predviđeni manji nego prihodi za slučaj, da podbaci doprinos vanrednih članova.

*

15. VI. o. g. održan je Plenum Saveza IT građevinske struke Jugoslavije u Beogradu, na kojem je Izvršni odbor Saveza podnio izvještaj o dosadašnjem radu. Nakon toga je raspravljeno pitanje slanja stručnjaka uinozemstvo. Plenum je zaključio da na kongresu hidrotehničara u Mineapolisu u SAD našu zemlju zastupa dr. ing. M. Goljevšček iz Ljubljane. Kao njegov zamjenik je određen ing. Bata Gez iz Beograda. U vezi sa razmjenom inženjera sa članovima Društva civilnih inženjera Francuske određen je kao predavač ing. Milan Verčon iz Beograda, a za izmjenu inženjera početnika glasanjem je određen ing. Trbojević sa gradnje HC »Vlasina«. Konstatirano je na Plenumu, da Savez IT nije konzultiran prije donošenja novih propisa o oporezivanju viška platnog fonda i određivanja prosjeka. Zaključeno je da Izvršni odbor Saveza uspostavi uži kontakt sa Saveznim izvršnim vijećem, kako bi u buduće naš Savez mogao dati pravovremeno svoje mišljenje. U diskusiji je iznešeno, da u nekim republikama postoji tendenca ukidanja radnih mjesta inženjera i tehničara, zbog smanjenja platnog fonda. Zaključeno je da se preko nadležnih organa forsira donošenje propisa, koji određuju kakove su potrebne kvalifikacije za obavljanje pojedinih poslova u poduzećima i ustanovama. U Makedoniji je osim toga naročito čest slučaj da su direktori i »načelnici gradilišta« nestručna lica, pa postoji dvojno rukovodstvo: opće-političko i tehničko. Plenum je zaključio da sve prijedloge novih uredbi i propisa, koje priprema Savezno izvršno vijeće, treba dati našim društvima na što širu diskusiju. Dotacija dobivena od Saveznog izvršnog vijeća za savjetovanja raspodijeljena je na pojedina savjetovanja. Ujedno su određeni organizatori. Tako je organizaciju savjetovanja željezničara i cestara preuzelo naše Društvo; organizaciju savjetovanja željezničara i cestara preuzelo je Društvo GIT Bosne i Hercegovine. Na kraju je Plenum razmotrio mogućnosti organizacije časopisa Saveza »Naše građevinarstvo« tako, da on zaista bude savezni časopis.

*

U Zagrebu su održana još tri predavanja:

Ing. Milković: Hidrotehnički radovi u vezi privredne proizvodnje u desetgodišnjem programu.

Ing. Nonveiller: Gradnja brane Lokvarka.

Dr. Ing. Habib (Paris): Specijalna geomehanička ispitivanja na gradilištu i u laboratoriju.

*

Na traženje Državnog sekretarijata za poslove nar. privrede NRH naše Društvo je dostavilo Sekretarijatu svoje mišljenje o rukovodiocima dva biroa za građevinsko projektiranje, za jedan biro u Zagrebu i jedan u Rijeci.

*

U Osijeku je osnovana podružnica DIT sa građevinsko-arhitektonskom sekcijom.

Vlasnik i izdavač: Društvo građevinskih inženjera i tehničara Hrvatske. Glavni urednik: Ing. F. Simić. — Tisak: Hrvatska seljačka tiskara, Zagreb, Frankopanska 12.